



Prof. Alberto Ricardo Prass  
[www.FISICA.NET](http://www.FISICA.NET)

## A ENERGIA MECÂNICA

### *O que é Energia?*

12

**S**em 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

<sup>1</sup> Adaptação livre do livro “Física para Secundaristas” de Rolando Axt e Virgínia Alves, Instituto de Física – UFRGS, 1994.

<sup>2</sup> No SI a unidade utilizada para medir energia é o Joule (J), em homenagem ao físico inglês James Prescott Joule, 1818-1889. Em alguns casos usa-se a caloria (1 cal = 4,1855 J)

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 para 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.<sup>3</sup>

Podemos classificar a energia potencial em:

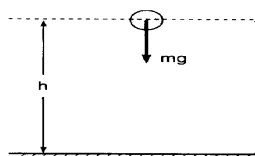
#### a) Energia Potencial Gravitacional ( $E_{PG}$ )

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

<sup>3</sup> Entende-se como trabalho mecânico qualquer transferência de energia entre um corpo (ou sistema) e outro ou alterações na forma de um corpo (deformações).

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:

$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{PG} = 4 \cdot 10 \cdot 16 \rightarrow E_{PG} = 640 \text{ J}$$

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:

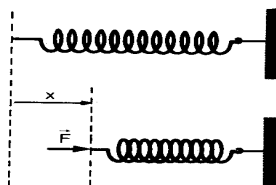
$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{E_{PG}}{m \cdot g} \rightarrow h = \frac{800}{40 \cdot 10} \rightarrow h = 2 \text{ m}$$

### 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.

$$\text{Resolução: } E_{PE} = \frac{kx^2}{2} \rightarrow E_{PE} = \frac{400 \cdot (5 \times 10^{-2})^2}{2} \rightarrow E_{PE} = 0,5 \text{ J}$$

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 2J?

$$\text{Resolução: } E_{PE} = \frac{kx^2}{2} \rightarrow x = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{PE}}{k}} \rightarrow x = \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{100}} \rightarrow x = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

**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  $v$  a velocidade do corpo

Exercícios resolvidos:

5) Determine a energia cinética de um móvel de massa 50 kg e velocidade 20 m/s.

$$\text{Resolução: } E_C = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \rightarrow E_C = \frac{50 \cdot 20^2}{2} \quad \rightarrow E_C = 10.000 J = 10 kJ$$

### A Conservação da Energia Mecânica

Uma força é chamada **conservativa**, quando pode devolver o trabalho realizado para vencê-la. Desse modo, o peso de um corpo e a força elástica são exemplos desse tipo de força. No entanto, a força de atrito cinético, que não pode devolver o trabalho realizado para vencê-la, é uma força **não-conservativa**, ou **dissipativa** (ocorre degradação da energia mecânica).

Isso quer dizer que, em um sistema no qual só atuam forças conservativas (sistema conservativo), 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).

$$E_M = E_C + E_P = \text{constante}$$

Para sistemas conservativos.

$$\tau_{\text{FORÇAS DISSIPATIVAS}} = \Delta E_{\text{MEC}} = E_{\text{MEC}}^{\text{FINAL}} - E_{\text{MEC}}^{\text{INICIAL}}$$

O trabalho das forças dissipativas, como o atrito, é negativo.

<sup>4</sup> Notas:

- i) Sendo  $m > 0$  e  $v^2 \geq 0$ , a energia cinética nunca será estritamente negativa.
- ii) Como a velocidade escalar  $v$  depende do referencial adotado, a energia cinética também dependerá do referencial adotado.
- iii) Como a função  $E_c = f(v)$  é do 2º grau, o gráfico será um arco de parábola.

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:

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

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

$$E_M^A = E_M^B$$

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

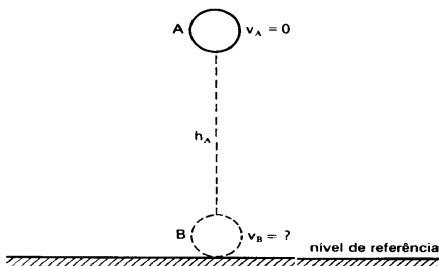
$$\frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + mgh_B$$

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

$$\frac{0^2}{2} + 10 \cdot 45 = \frac{v_B^2}{2} + 10 \cdot 0$$

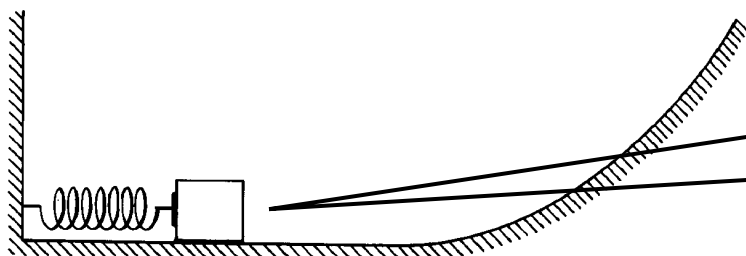
$$450 = \frac{v_B^2}{2} \rightarrow 900 = v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{900} \rightarrow v_B = 30 \text{ m/s}$$



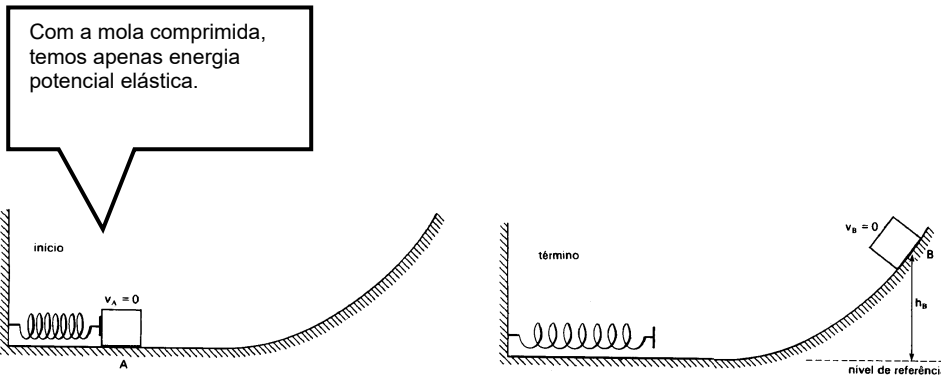
7) Um corpo de 2 kg é empurrado contra uma mola de constante elástica 500 N/m, comprimindo-a 20 cm.

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.



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.

Resolução:



Como o sistema é conservativo, temos:

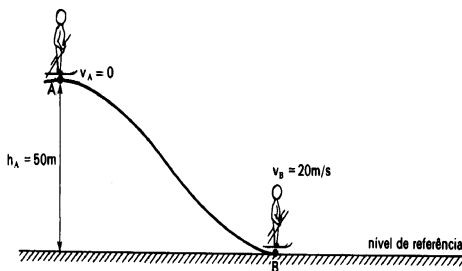
$$E_M^A = E_M^B \quad \rightarrow \quad E_C^A + E_{PG}^A + E_{PE}^A = E_C^B + E_{PG}^B + E_{PE}^B$$

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

$h_B = 0,5m$

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:



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

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

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

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

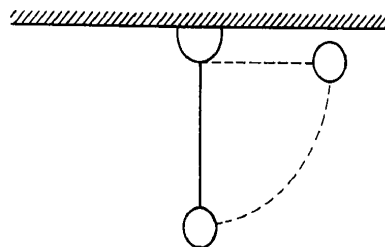
$E_{DISSIPADA} = 18.000J = 18kJ$

**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.

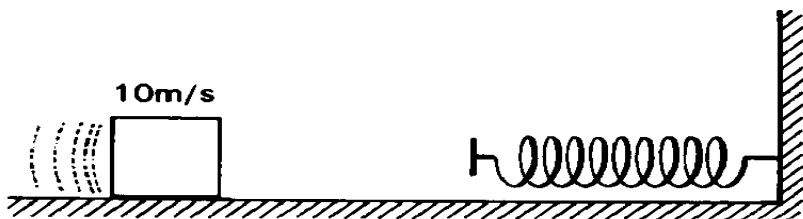


Sabendo que o fio tem um comprimento de 0,8 m e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a velocidade do pêndulo quando passar pela posição de altura mínima.

4) 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.

5) 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  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

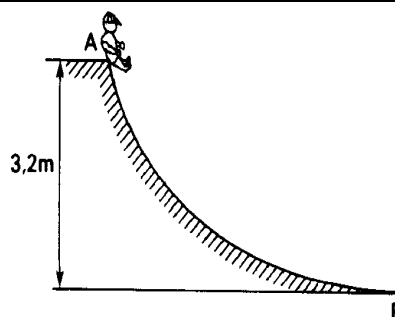
6) Um corpo de massa igual a 0,5 kg e velocidade constante de 10 m/s choca-se com uma mola de constante elástica 800 N/m. Desprezando os atritos, calcule a máxima deformação sofrida pela mola.



7) Consideremos uma mola de constante elástica 400 N/m, e um corpo de massa 1 kg nela encostado que produz uma compressão de 0,8 m. Liberando a mola, qual é a velocidade do corpo no instante em que perde contato com ela? Despreze as forças de resistência.

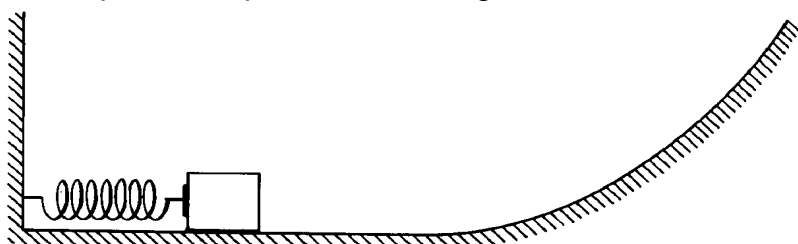


8) No escorregador mostrado na figura, uma criança com 30 kg de massa, partindo do repouso em A, desliza até B.

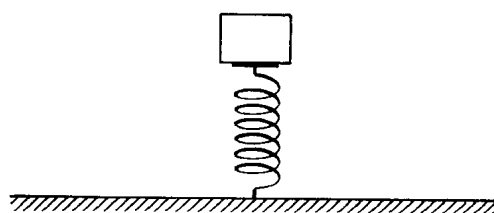


Desprezando as perdas de energia e admitindo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a velocidade da criança ao chegar a B.

9) Um corpo de massa  $m$  é empurrado contra uma mola cuja constante elástica é  $600 \text{ N/s}$ , comprimindo-a 30 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 m e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule  $m$ . (Despreze as forças resistivas.)

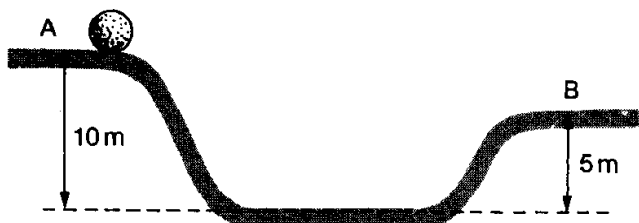


10) Um corpo de massa 20 kg está sobre uma mola comprimida de 40 cm. Solta-se a mola e deseja-se que o corpo atinja a altura de 10 m em relação à sua posição inicial.

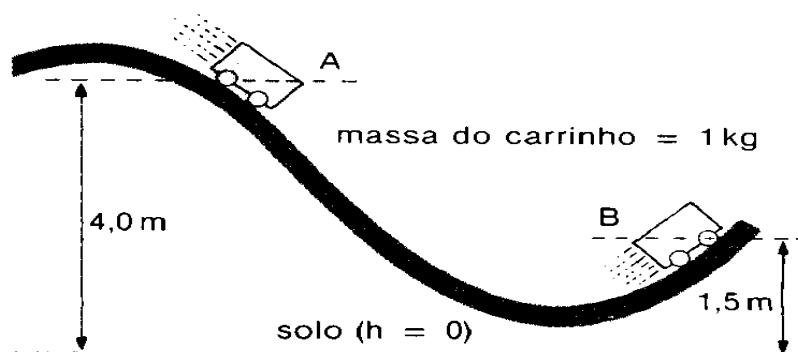


Determine a constante elástica da mola. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze os efeitos do ar.

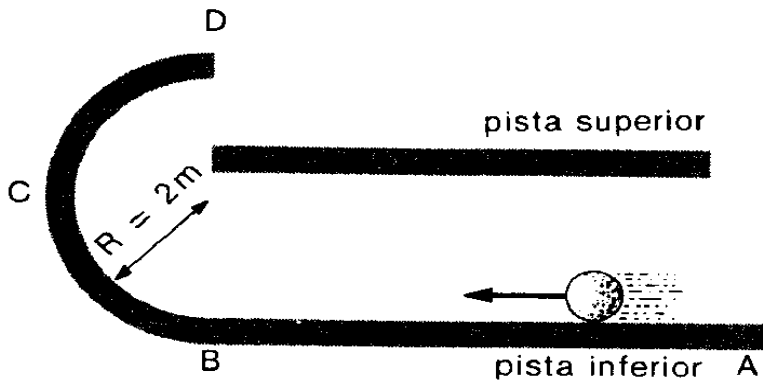
11) Uma esfera parte do repouso em A e percorre o caminho representado sem nenhum atrito ou resistência. Determine sua velocidade no ponto B.



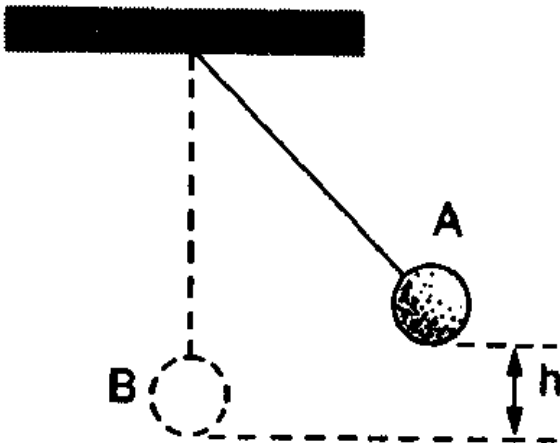
- 12) Um carrinho situado no ponto A (veja a figura), parte do repouso e alcança o ponto B.
- a) Calcule a velocidade do carrinho em B, sabendo que 50% de sua energia mecânica inicial é dissipada pelo atrito no trajeto.
- b) Qual foi o trabalho do atrito entre A e B?



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) Uma esfera é suspensa por um fio ideal. Quando abandonada da posição A sem velocidade inicial, ela passa por B com velocidade de  $10 \text{ m/s}$ . Desprezando as resistências, determine o valor da altura  $h$ , de onde a esfera foi solta. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



**Respostas dos Exercícios Propostos**

- 1) **1 J e 10 m/s**
- 2) **7,2 m**
- 3) **4 m/s**
- 4) **36 m/s**
- 5) **120 m**
- 6) **0,25 m**
- 7) **16 m/s**
- 8) **8 m/s**
- 9) **3 kg**
- 10) **25 kN/m**
- 11) **10 m/s**
- 12)  **$\sqrt{10}m/s$  e  $-20J$**
- 13) **10 m/s**
- 14) **5 m**