

## Dinâmica

### Assunto: Trabalho e Energia

#### Aula 03 – Energias Potencial, Cinética, Elástica e Mecânica

Para acompanhar esta aula em vídeo, vá na aba Aulas e clique em Dinâmica – [aula 03](#)

### Energia

Como já vimos, a energia será a capacidade de se realizar trabalho. Portanto se um corpo possui energia então, ele terá a capacidade de realizar um trabalho.

Para o nosso estudo, iremos nos reter apenas a alguns tipos de energia. Energia potencial gravitacional, energia potencial elástica, energia cinética e a energia mecânica.

#### Energia Potencial Gravitacional

Como vimos na aula anterior, o corpo quando se encontra na altura  $h$ , dizemos que a força peso tem a capacidade de realizar um trabalho igual a  $m \cdot g \cdot h$ . Podemos então falar que o corpo quando se encontra na altura  $h$  ele terá uma capacidade de realizar trabalho, portanto ele terá uma energia denominada de **energia potencial gravitacional** que será igual ao trabalho que o corpo poderá realizar ao cair. Portanto a energia potencial gravitacional de um corpo que se encontra a uma altura  $h$  do solo é dada por:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Se você fizer uma força contra o peso para que o corpo suba, ele então terá uma energia potencial aumentada. O acréscimo desta energia será igual ao trabalho que você realizou sobre o corpo. Portanto podemos escrever que o trabalho realizado sobre o corpo é igual a variação da energia potencial sofrida pelo corpo.

$$\tau = \Delta E_p \quad \rightarrow \quad \tau = E_{pf} - E_{pi}$$

Explicando melhor, como já vimos na aula anterior, o peso é uma força conservativa. Quando você faz uma força para elevar um corpo até uma altura qualquer, o peso estará realizando uma força contra o movimento de elevação. Esse trabalho do peso, em módulo, será exatamente igual a energia potencial acrescentada ao corpo. Já se você abandonar o corpo de uma certa altura o peso realizará um trabalho para deslocar o corpo para baixo. Nesse caso o trabalho do peso será igual a energia decrescida do corpo.

**obs.** As forças conservativas quando realizam um trabalho negativo significa que a energia potencial está aumentando. Note que no exemplo que eu dei, quando o corpo está subindo a força peso realiza um trabalho negativo. Sendo assim o corpo ganha altura e logicamente

ganhará também energia potencial. Já quando o corpo está descendo, o peso realiza um trabalho positivo. A altura diminui e por consequência a energia potencial gravitacional também diminui.

### **Exercícios de aprendizagem:**

1) Um corpo com massa de 20 kg está a 5 m do solo de um certo planeta. Sua energia potencial é igual a 250 J. Calcule a aceleração da gravidade no planeta.

2) Um corpo com massa de 2 kg está a 1,5 m do solo. Em seguida ele é levado a uma altura de 3 m do solo. Calcule o trabalho recebido pelo corpo.

## **Energia Cinética**

Um corpo em movimento tem a capacidade de realizar trabalho. Portanto dizemos que um corpo em movimento tem ENERGIA, e esta energia será denominada de ENERGIA CINÉTICA (energia de movimento).

Consideremos uma partícula submetida a ação de uma força resultante  $F$ . O trabalho que esta força irá realizar durante um deslocamento  $d$  será dado por:

$$\tau = F \cdot d$$

Pela segunda lei de Newton temos que  $F = m \cdot a$ , então a fórmula do trabalho poderá ser:

$$\tau = m \cdot a \cdot d$$

O termo  $(a \cdot d)$  poderá ser colocado em função da velocidade, uma vez que a energia cinética é a energia de movimento, e nada melhor do que a velocidade para descrever um movimento:

$$v^2 = v_0^2 + 2.a.d \Rightarrow a.d = \frac{v^2 - v_0^2}{2}$$

Então o trabalho poderá ser dado por:

$$\tau = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2} \Rightarrow \text{ou ainda } \boxed{\tau = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}} \Rightarrow \text{Teorema da energia cinética}$$

Os termos  $\frac{mv^2}{2}$  e  $\frac{mv_0^2}{2}$  são denominados de **Energia cinética final** e **Energia cinética inicial**.

Quando você quiser saber da energia cinética num determinado instante basta usar:

$$\boxed{E_c = \frac{m.v^2}{2}}$$

### Teorema da Energia Cinética

O trabalho realizado pela força resultante que atua sobre um corpo é igual à variação de energia cinética sofrida por esse corpo.

$$\tau = E_{cf} - E_{ci}$$

### Exercício de aprendizagem:

3) Um corpo de 10 kg parte do repouso, sob a ação de uma força constante, paralela à trajetória, e 5s depois, atinge a velocidade de 15 m/s. Determine sua energia cinética no instante 5s e o trabalho da força, suposta única, que atua no corpo no intervalo de 0s a 5s.

### Energia Potencial Elástica

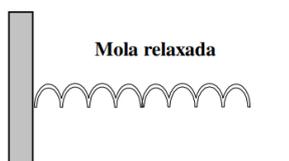


Figura 1

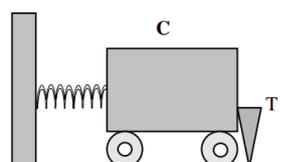


Figura 2

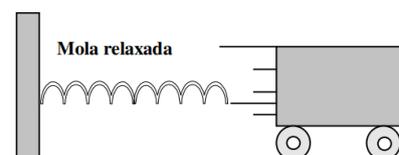


Figura 3

Aproveitando as **Figuras 1, 2 e 3**, entendemos que na **figura 1** a mola está relaxada, portanto não tem energia. Ao empurrar o carrinho para que ele comprima a mola **figura 2**, a mola irá fazer uma força contra o movimento do carrinho. Como a força elástica é uma força conservativa e o trabalho da força elástica é negativo, isto significa que a mola irá adquirir uma energia potencial que denominamos de energia potencial elástica. Esta energia fica acumulada

na mola e ela passa ter a capacidade de realizar um trabalho igual a  $\tau = \frac{k \cdot x^2}{2}$ , como vimos na aula anterior, que é o trabalho que uma mola pode realizar quando ela está comprimida ou alongada. Portanto podemos concluir que a energia potencial armazenada na mola é dada por

$E = \frac{k \cdot x^2}{2}$ . A energia dependerá da constante elástica da mola e da elongação da mesma. Bom

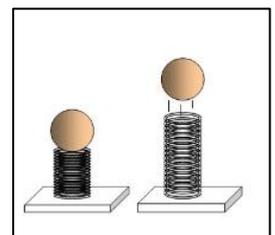
na figura 3 a mola descarrega sua energia, passando esta energia para o carrinho, que por sua vez ganha velocidade. Dizemos então que esta energia foi transferida para o carrinho em forma de energia cinética (energia de movimento) que vimos anteriormente.

### **Exercícios de aprendizagem:**

4) Calcule a energia potencial elástica armazenada numa mola de constante elástica  $k = 1\,000$  N/m, quando ela está:

- a) comprimida elasticamente de  $x = 20$  cm;
- b) relaxada.

5) Suponha que a mola do exercício anterior seja colocada na vertical comprimida dos mesmos 20 cm e sobre ela um corpo de massa 1 kg. Liberada a mola, ela jogará o corpo para cima. Desprezando qualquer suposto atrito e adotando  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>, qual será a altura que o corpo alcançará?



## Energia Mecânica

Energia mecânica de um sistema de corpos é a soma de todas as energias presentes no sistema. Energias potenciais (gravitacionais e elásticas) e a energia cinética. Para sistemas que agem forças conservativas podemos dizer que a Energia Mecânica inicial é igual a Energia Mecânica final.

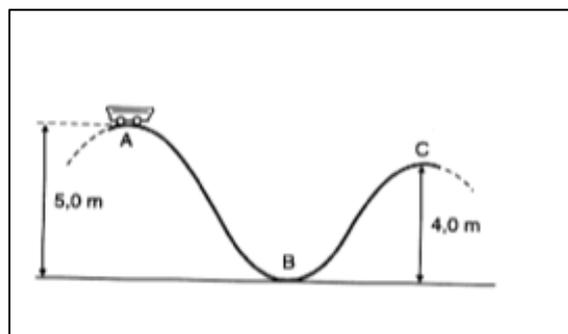
$$E_M = E_c + E_P$$

**obs.** Na maioria dos problemas envolvendo Energia Potencial e Energia Cinética, pode-se considerar que  $E_{Mi} = E_{Mf}$  (a energia mecânica inicial é igual a energia mecânica final), ou seja  $E_{ci} + E_{pi} = E_{cf} + E_{pf}$ . Caso exista alguma força dissipativa, atrito por exemplo, acrescenta-se o trabalho dessa força dissipativa à  $E_{Mf}$  para que se continue valendo a igualdade. Sendo assim pode-se ter:

$$E_{Mi} = E_{Mf} + E_d$$

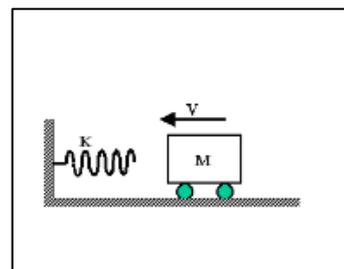
### Exercícios de aprendizagem:

6) (FUVEST) - Numa “montanha-russa”, um carrinho com 300 kg de massa é abandonado do repouso de um ponto **A**, que está a 5,0 m de altura. Supondo que o atrito seja desprezível, pergunta-se:



- O valor da velocidade do carrinho no ponto B.
- A energia cinética do carrinho no ponto C, que está a 4,0 m de altura.

7) Um bloco de massa  $m = 0,80$  kg desliza sobre um plano horizontal, sem atrito, e vai chocar-se contra uma mola de constante elástica  $k = 2 \cdot 10^3$  N/m, como se mostra na figura ao lado. Sabendo que a velocidade do bloco antes do choque, é de 20 m/s, determine a máxima compressão sofrida pela mola.

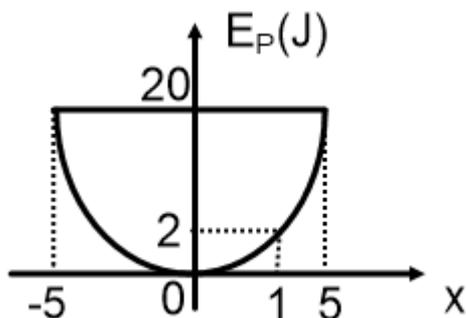




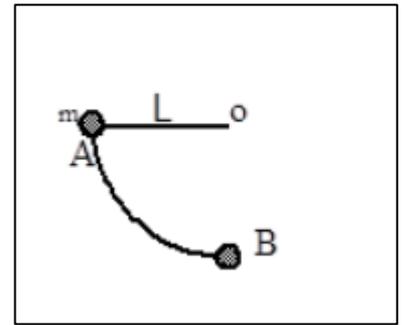
8) (UFV-MG) - Uma esfera de massa igual a  $5,0 \cdot 10^{-2}$  kg desce uma rampa de 1,0 m de altura. A velocidade da esfera no final da rampa é de 4,0 m/s. Determine o percentual de energia mecânica dissipada na descida, considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



9) O gráfico da figura abaixo representa a energia potencial de uma partícula em função da posição, em um sistema mecânico conservativo. Determine as energias potencial e cinética, para a posição  $x = 1 \text{ m}$ .



10) Um corpo de massa  $m = 4,0$  kg está preso à extremidade de um fio de comprimento  $L = 2,0$ m e pode deslocar-se livremente na vertical (pêndulo simples), como se vê, na figura ao lado. Se ele é abandonado no ponto A, qual a intensidade da força de tração no fio no ponto mais baixo da trajetória? Adote  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.



11) Complete as lacunas abaixo:

a) Todo corpo em movimento possui energia \_\_\_\_\_. Quanto maior a velocidade do corpo \_\_\_\_\_ será sua energia cinética. Quanto maior a massa do corpo \_\_\_\_\_ será sua energia cinética. A energia cinética é proporcional ao \_\_\_\_\_ da velocidade.

b) Um corpo largado a uma certa altura em relação a superfície da Terra, entra em movimento; isto porque o corpo armazena uma forma de energia denominada energia \_\_\_\_\_. Quanto maior a altura em relação ao nível de referência (superfície da Terra), \_\_\_\_\_ será a energia potencial gravitacional. Quanto maior a massa do corpo \_\_\_\_\_ será a energia potencial gravitacional. Quanto maior o campo gravitacional ( $g$ ), \_\_\_\_\_ será a energia potencial gravitacional.

Um corpo preso a uma mola deformada (comprimida ou distendida), sente a ação de uma força denominada força \_\_\_\_\_. Quanto maior a deformação sofrida pela mola \_\_\_\_\_ será a força elástica. Quanto maior a constante elástica da mola, \_\_\_\_\_ será a força elástica.

Se um corpo está preso a uma mola deformada, quando largado, entra em movimento; isto porque a mola armazena uma forma de energia denominada energia \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ . Quanto maior a deformação sofrida pela mola \_\_\_\_\_ será sua energia potencial elástica. Quanto maior a constante elástica da mola \_\_\_\_\_ será a energia potencial elástica.

c) Definimos energia mecânica como a \_\_\_\_\_ da energia cinética e a \_\_\_\_\_. Se o sistema for isento de forças de atrito, a energia mecânica é \_\_\_\_\_. Este é o princípio da \_\_\_\_\_ da energia mecânica.

d) A grandeza física que nos informa sobre a variação da energia de um corpo chama-se \_\_\_\_\_. Uma força realiza trabalho quando promove um \_\_\_\_\_. Se o trabalho realizado por uma força for positivo ele é denominado de trabalho \_\_\_\_\_ e se for negativo será denominado de trabalho \_\_\_\_\_. O trabalho realizado por uma força é igual a variação da \_\_\_\_\_ do corpo.

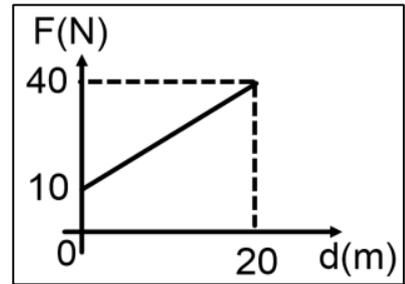
e) A grandeza física que nos informa a rapidez na transformação de energia ou a rapidez na realização do trabalho é denominada \_\_\_\_\_. Quanto maior trabalho realizado num certo intervalo de tempo \_\_\_\_\_ é a potência. Quanto maior o tempo para a realização de um certo trabalho, \_\_\_\_\_ é a potência.

Denomina-se força conservativa, aquela cujo trabalho realizado \_\_\_\_\_ da trajetória seguida pelo corpo. A força gravitacional, elástica e elétrica são denominadas forças \_\_\_\_\_. A força de atrito \_\_\_\_\_ conservativa pois o trabalho realizado \_\_\_\_\_ da trajetória.

### **Exercícios de Fixação:**

- 1) Qual a energia potencial de um corpo com massa 2 kg que se encontra a uma altura de 5 metros em relação ao solo?
- 2) Calcule a variação da energia potencial gravitacional de um avião que desce de 1.000 m até 200 metros do solo. A massa do avião é 800 kg.
- 3) Uma bola de bilhar com massa 200 g tem velocidade de 0,5 m/s. Calcule sua energia cinética.
- 4) Um corpo de 10 kg parte do repouso, sob a ação de uma força constante, em trajetória horizontal, e após 16s atinge 144 km/h. Qual é o trabalho dessa força nesse intervalo de tempo?

5) A intensidade da força resultante que atua em uma partícula de 0,10 kg de massa, inicialmente em repouso, é representada, em função do deslocamento, pelo gráfico ao lado.



Determine:

- o trabalho desenvolvido pela força no deslocamento de 0 a 20 m;
- a velocidade da partícula no fim deste deslocamento.

6) Determine a energia potencial elástica armazenada numa mola de constante elástica  $k = 500\text{N/m}$ , quando ela é distendida de 40 cm.

7) Um móvel encontra-se a uma altura do solo igual a 5m em um local onde  $g = 10\text{ m/s}^2$ . Sua velocidade nesse instante é igual a 20 m/s. A energia mecânica do móvel é igual a 2 000 J. Calcule a massa do móvel.

8) Um projétil de 10 g abandona o cano de um fuzil, em posição horizontal, com velocidade de 800 m/s. Qual o trabalho realizado pelos gases da combustão da pólvora, no interior do cano?

9) (UFPB) – Uma pequena esfera metálica, de massa 10 gramas, é lançada verticalmente para cima. Sabendo-se que a energia cinética da esfera no instante do lançamento vale 0,15 J e que  $g = 10\text{ m/s}^2$ , determine a altura máxima atingida por essa esfera em relação ao ponto de lançamento.

10) (FAAP – SP) – Uma bola de borracha, de 2,0 kg de massa, é abandonada em repouso à altura  $h = 5,0\text{ m}$ , caindo sobre o solo. A energia perdida no choque é de 20 J. Calcule a altura atingida pela bola depois do choque. Considere  $g = 10\text{ m/s}^2$ .

Respostas:

Exercícios de aprendizagem:

- 1)  $g = 2,5\text{ m/s}^2$     2)  $\tau = 30\text{ J}$     3)  $E_c = 1125\text{ J}$  e  $\tau = 1125\text{ J}$     4) a)  $E_{\text{pel}} = 20\text{ J}$     b)  $E_{\text{pel}} = 0$     5)  $h = 2\text{ m}$   
 6) a)  $v_B = 10\text{ m/s}$     b)  $E_{\text{cc}} = 3000\text{ J}$     7)  $x = 0,4\text{ m}$  (40 cm)    8)  $E_d = 20\%$     9)  $E_{\text{pel}} = 2\text{ J}$      $E_c = 18\text{ J}$   
 10)  $T = 120\text{ N}$

- 11) a) Todo corpo em movimento possui energia cinética. Quanto maior a velocidade do corpo maior será sua energia cinética. Quanto maior a massa do corpo maior será sua energia cinética. A energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade.
- b) Um corpo largado a uma certa altura em relação a superfície da Terra, entra em movimento; isto porque o corpo armazena uma forma de energia denominada energia potencial gravitacional. Quanto maior a altura em relação ao nível de referência (superfície da Terra), maior será a energia potencial gravitacional. Quanto maior a massa do corpo maior será a energia potencial gravitacional. Quanto maior o campo gravitacional ( $g$ ), maior será a energia potencial gravitacional. Um corpo preso a uma mola deformada (comprimida ou distendida), sente a ação de uma força denominada força força elástica. Quanto maior a deformação sofrida pela mola maior será a força elástica. Quanto maior a constante elástica da mola, maior será a força elástica. Se um corpo está preso a uma mola deformada, quando largado, entra em movimento; isto porque a mola armazena uma forma de energia denominada energia potencial elástica. Quanto maior a deformação sofrida pela mola maior será sua energia potencial elástica. Quanto maior a constante elástica da mola maior será a energia potencial elástica.
- c) Definimos energia mecânica como a soma da energia cinética e a energia potencial. Se o sistema for isento de forças de atrito, a energia mecânica é conservada. Este é o princípio da conservação da energia mecânica.
- d) A grandeza física que nos informa sobre a variação da energia de um corpo chama-se trabalho. Uma força realiza trabalho quando promove um deslocamento. Se o trabalho realizado por uma força for positivo ele é denominado de trabalho motor e se for negativo será denominado de trabalho resistente. O trabalho realizado por uma força é igual a variação da energia cinética do corpo.
- e) A grandeza física que nos informa a rapidez na transformação de energia ou a rapidez na realização do trabalho é denominada potência. Quanto maior trabalho realizado num certo intervalo de tempo maior é a potência. Quanto maior o tempo para a realização de um certo trabalho, menor é a potência. Denomina-se força conservativa, aquela cujo trabalho realizado não depende da trajetória seguida pelo corpo. A força gravitacional, elástica e elétrica são denominadas forças conservativas. A força de atrito não é conservativa pois o trabalho realizado depende da trajetória.

**Exercícios de Fixação:**

- 1) 100 J 2) - 6.400 kJ 3) 0,025 J 4) 8.000 J 5) a) 500 J b)  $v = 100 \text{ m/s}$  6) 40 J 7) 8 kg 8) 3.200 J  
9) 1,5 m 10) 4 m