

TIPOS DE ENERGIA

Podemos definir energia como sendo a propriedade que determinado corpo ou sistema possui que lhe permite realizar trabalho.

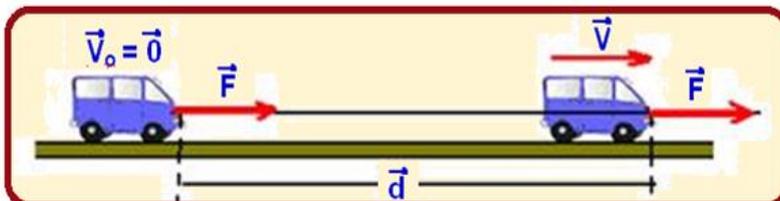
Assim, um corpo ou sistema qualquer que realiza ou é capaz de realizar trabalho, possui



energia, pois é capaz de realizar trabalho efetuando um deslocamento ou produzindo deformação em outro corpo.

Energia Cinética

Vamos determinar a energia cinética que é a capacidade que um corpo tem de realizar trabalho por causa de seu movimento, a partir do repouso $\vec{V}_0 = \vec{0}$, até atingir uma velocidade \vec{V} , impulsionado por uma força resultante constante \vec{F} , na direção do deslocamento \vec{d} .



A força resultante \vec{F} , de intensidade F imprime ao corpo de massa m uma aceleração de intensidade a , de modo que, de acordo com a segunda lei de Newton, teremos $\Rightarrow F = m \cdot a$.

O trabalho realizado pela força resultante F no deslocamento d é dado pela expressão $\Rightarrow W = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ \Rightarrow W = F \cdot d \Rightarrow W = m \cdot a \cdot d$ (I).

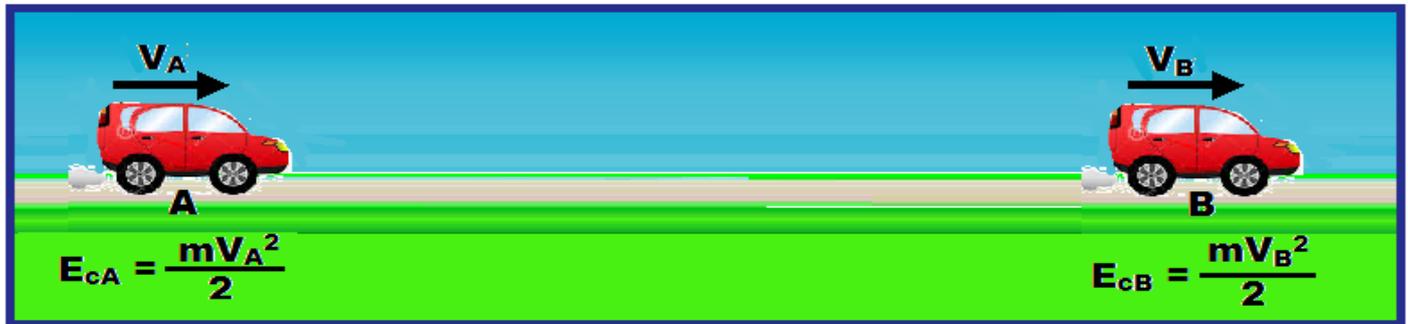
Aplicando a equação de Torricelli $\Rightarrow V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot d \Rightarrow V_0 = 0$ (parte do repouso) $\Rightarrow V^2 = 2 \cdot a \cdot d \Rightarrow v^2/2 = a \cdot d$ (II).

$$E_c = \frac{mV^2}{2}$$

Essa é a expressão da energia cinética de um corpo de massa m no instante em que ele possui velocidade de intensidade V .

Teorema da energia cinética

Na figura abaixo, o carro de massa m tem a intensidade de sua velocidade variando de V_0 para V , num intervalo de tempo Δt :



Definição do Teorema da Energia Cinética: “ O trabalho da resultante de todas as forças que agem sobre um corpo é igual à variação da energia cinética sofrida pelo corpo”

Assim, o trabalho da força resultante sobre o carro de massa m da figura acima no seu deslocamento de A para B é fornecido por:

$$W_{AB} = E_{cB} - E_{cA} \quad \rightarrow \quad W_{AB} = \frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} \quad (\text{nessa ordem})$$

As expressões acima são válidas seja a força resultante conservativa ou não.

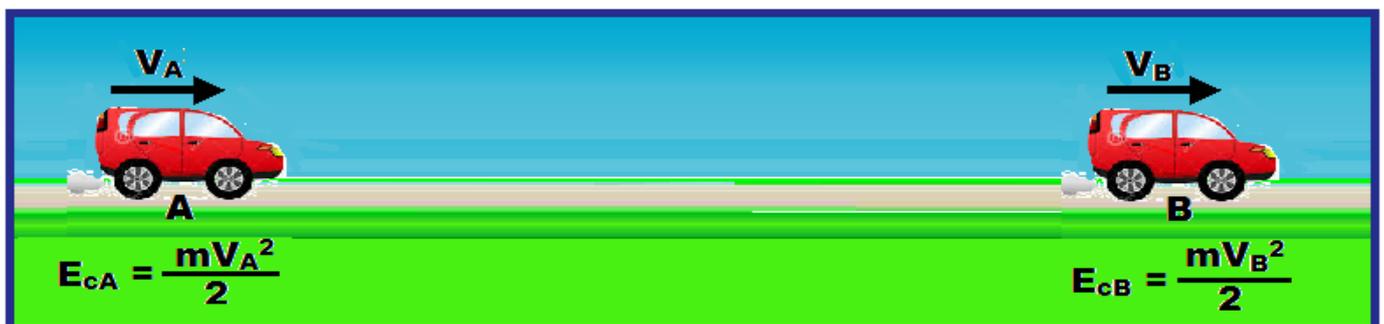
O que você deve saber, informações e dicas

A energia cinética é uma grandeza escalar, não tem direção nem sentido, apenas intensidade.

$$E_c = \frac{mV^2}{2}$$

E_c \rightarrow energia cinética \rightarrow medida em joules (J), no SI.
 m \rightarrow massa \rightarrow medida em quilograma (kg), no SI.
 V \rightarrow velocidade \rightarrow medida em metros por segundo (m/s), no SI.

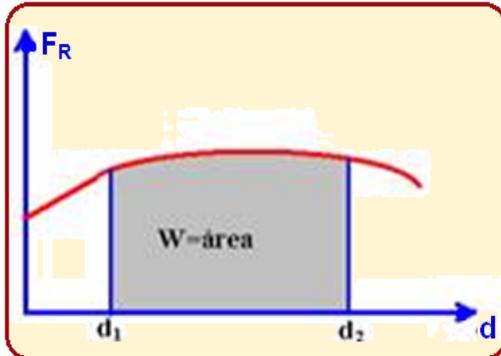
Teorema da energia cinética: “ O trabalho da resultante de todas as forças que agem sobre um corpo é igual à variação da energia cinética sofrida pelo corpo “



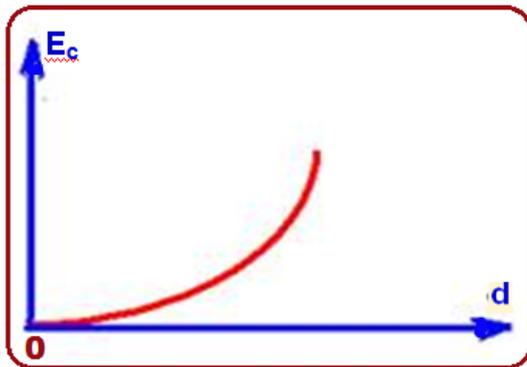
Assim, o trabalho da força resultante sobre o carro de massa m da figura acima no seu deslocamento de A para B é fornecido por:

$$W_{AB} = E_{cB} - E_{cA} \quad \rightarrow \quad W_{AB} = \frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} \quad (\text{nessa ordem})$$

W ► trabalho da força resultante ► medido em joules (J), no SI.



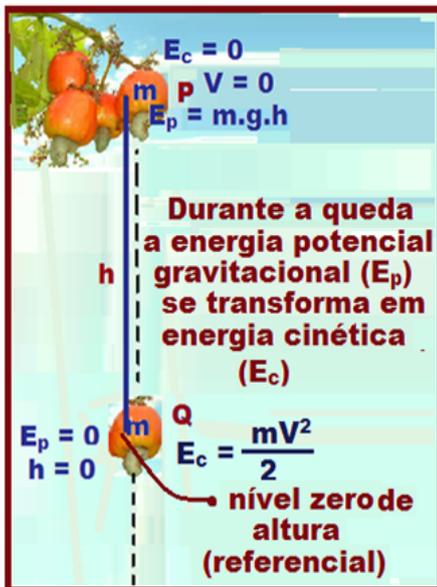
Em todo gráfico da intensidade força resultante F_R em função da intensidade do deslocamento d , o trabalho realizado pela força resultante é numericamente igual à área compreendida entre a curva representativa e o intervalo de deslocamento pedido.



Sendo $E_c = m \cdot V^2/2$ uma função do 2º grau e m uma constante positiva, o gráfico $E_c \times t$ é um arco de parábola com concavidade para cima e saindo da origem, pois quando $V = 0$, $E_c = 0$.

Energia potencial gravitacional

Considere um corpo de massa m que se encontra num ponto P que está a uma determinada altura h de outro ponto Q .



Se abandonarmos esse corpo no ponto P, ele cairá sob a ação da força peso, sofrendo um deslocamento e realizando trabalho W.

Esse trabalho é realizado devido ao fato de ele ir adquirindo energia cinética ($E_c = m.V^2/2$) enquanto desce, pois sua velocidade vai aumentando até chegar em Q.

Observe que essa energia cinética foi adquirida pelo fato de o corpo se encontrar em determinada altura em relação a determinado referencial (ponto Q).

Assim, podemos afirmar que na altura h o corpo possui energia potencial gravitacional (E_p) armazenada que, durante a queda foi se transformando em energia cinética (E_c).

A essa energia armazenada pelo corpo devido ao fato de ele se encontrar a certa altura h damos o nome de **energia potencial gravitacional (E_p)**, de expressão matemática:

$$E_p = m.g.h$$

onde:

E_p ➤ energia potencial gravitacional ➤ no SI, medida em joules (J)

m ➤ massa ➤ no SI, medida em quilograma (kg)

g ➤ aceleração da gravidade local ➤ no SI, medida em m/s^2 ou N/kg

O que você deve saber, informações e dicas

$$E_p = m.g.h$$

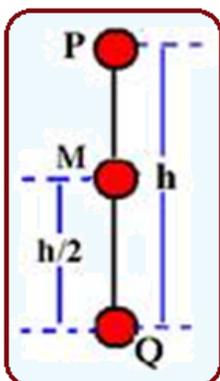
E_p ➤ energia potencial gravitacional ➤ no SI, medida em joules (J)

m ➤ massa ➤ no SI, medida em quilograma (kg)

g ➤ aceleração da gravidade local ➤ no SI, medida em m/s^2 ou N/kg

➤➤ E_p é uma grandeza escalar (não tem direção nem sentido)

A energia potencial gravitacional numa posição qualquer, depende do referencial ou do nível adotado. Assim, na figura:



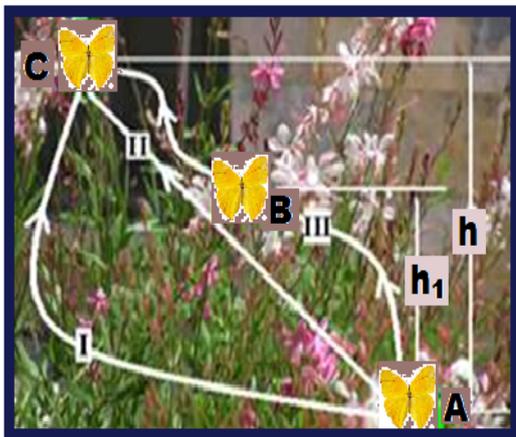
Com o referencial em Q ➤ $E_{pQ} = 0$ ➤ $E_{pM} = m.g.h/2$ ➤ $E_{pP} = m.g.h$

Com o referencial em M ➤ $E_{pM} = 0$ ➤ $E_{pQ} = -m.g.h/2$ ➤ $E_{pP} = m.g.h/2$

e assim por diante.

➤➤ Trabalho como variação de energia potencial

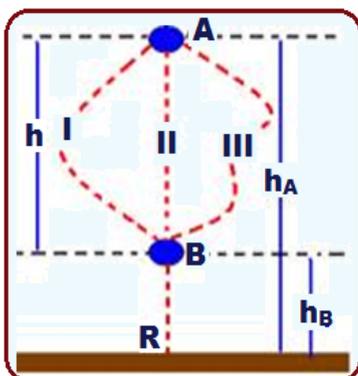
Na figura, a borboleta de massa m vai de A até C pelas trajetórias I, II e III até uma altura h , acima do ponto A, tomado como referencial.



O trabalho realizado pela força peso, que independe da trajetória, pois a força peso é uma força conservativa, para a borboleta ir de A até C é fornecido por $W_{AC} = E_{pA} - E_{pC}$ (nessa ordem) que representa a variação da energia potencial gravitacional da borboleta entre esses dois pontos. Observe que o trabalho será negativo na subida e positivo na descida, pois E_{pC} é maior que E_{pA} (maior altura). Observe ainda que o trabalho realizado pela força peso da borboleta para ir de A até C ou de C até A, é o mesmo pelas trajetórias I, II ou III, pois o trabalho da força peso, que é uma força conservativa, independe da trajetória. De B para C $\Rightarrow W_{BC} = E_{pB} - E_{pC} \Rightarrow W_{BC} = m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h$ ou $W_{BC} = m \cdot g \cdot (h_1 - h)$.

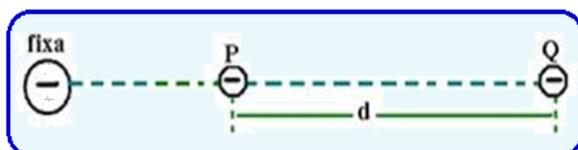
➤ A força gravitacional (peso), a força elétrica e a força elástica são forças conservativas e outra maneira de se determinar o sinal do trabalho realizado por essas forças é verificar se o deslocamento efetuado na realização desse trabalho é positivo (deslocamento espontâneo) ou negativo (deslocamento forçado).

Exemplos:



Se um mesmo corpo de massa m tem, num dado ponto A, maior energia potencial gravitacional que num ponto B, $h_A > h_B$ em relação ao referencial fixo R, então o trabalho da força peso nesse deslocamento será positivo de A para B ($E_{pA} > E_{pB}$), (deslocamento espontâneo) e negativo de B para A (deslocamento forçado), por qualquer uma das três trajetórias.

★ Sabemos que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem. A carga elétrica negativa X da esquerda está fixa enquanto que a da direita Y, também negativa, pode se deslocar entre os pontos P e Q.



Observe que no ponto P sua energia potencial (armazenada) é maior que no ponto Q, pois, se abandonada em P se deslocará sujeita à força, aceleração e velocidade maiores do que em Q.

No deslocamento de P para Q o trabalho será positivo, pois o deslocamento é espontâneo e de Q para P negativo, sendo forçado por meio da ação de uma força externa.

Usina hidrelétrica



Barragem ► segura a água e cria um grande reservatório que é formado pelo represamento das águas do rio.

Quanto maior o desnível entre a água na superfície do reservatório, maior será a altura h e consequentemente maior será a energia potencial gravitacional armazenada.

Duto ► a água, sob grande pressão, é encaminhada pelo duto à turbina fazendo suas grandes lâminas girarem, transformando energia potencial gravitacional em energia cinética (do movimento).

O movimento do eixo da turbina produz um campo eletromagnético dentro do gerador, que transforma essa energia cinética em energia elétrica que, através das linhas de transmissão é levada até o consumidor.

Energia potencial elástica

★ A energia potencial elástica (E_{pe}) corresponde a uma forma de energia armazenada numa mola deformada (comprimada ou distendida) ou num elástico, como por exemplo, num estilingue.



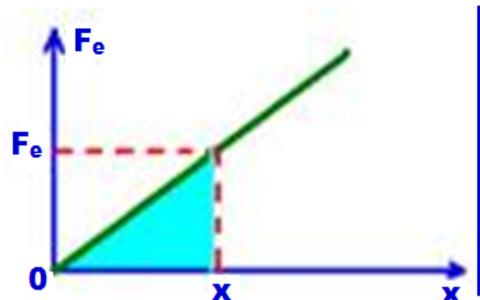
Para que a mola seja deformada ou o elástico esticado deve-se aplicar sobre eles uma força externa \vec{F} de intensidade fornecida pela **lei de Hooke: $F = K \cdot x$**

$F = K \cdot x$ onde K é a constante elástica e x a deformação da mola ou elástico em relação à posição natural.

★ Gráfico da intensidade da força elástica \vec{F}_e em função da deformação x

Quando se provoca a deformação, realiza-se trabalho, armazenado sob forma de energia potencial que poderá se transformar em energia cinética, se a força externa \vec{F} deixar de agir.

A figura abaixo representa o gráfico da variação da intensidade de \vec{F}_e em função de x



Quando se provoca a deformação, realiza-se trabalho, armazenado sob forma de energia potencial que poderá se transformar em energia cinética, se a força externa \vec{F} deixar de agir.

O trabalho realizado ou a energia potencial armazenada é fornecido pela área do triângulo hachurado ► $W = E_{pe} =$

$$b \cdot h / 2 = x \cdot F / 2 \implies E_{pe} = F \cdot x / 2 \implies E_{pe} = K \cdot x \cdot x / 2 \implies E_{pe} = \frac{K \cdot x^2}{2}$$

$$E_{pe} = \frac{K \cdot x^2}{2}$$

- E_{pe} ▶ energia potencial elástica armazenada pela mola ▶ medida no SI em joules (J)
- x ▶ deformação da mola em relação à posição normal ▶ medida no SI em metros (m)
- K ▶ constante elástica da mola ▶ medida em N/m no SI

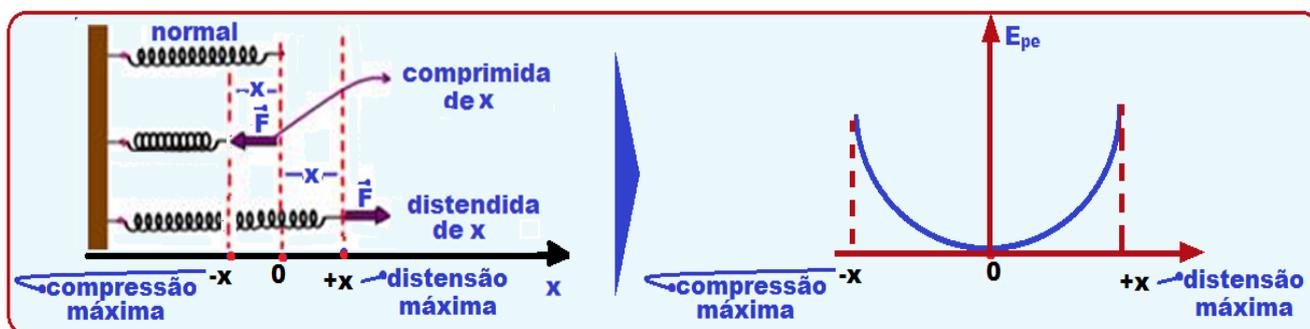
O que você deve saber, informações e dicas



$$E_{pe} = \frac{K \cdot x^2}{2}$$

- E_{pe} ▶ energia potencial elástica armazenada pela mola ▶ medida no SI em joules (J)
- x ▶ deformação da mola em relação à posição normal ▶ medida no SI em metros (m)
- K ▶ constante elástica da mola ▶ medida em N/m no SI

Sendo $E_{pe} = K \cdot x^2 / 2$ uma função do segundo grau, o gráfico E_{pe} em função de x será um arco de

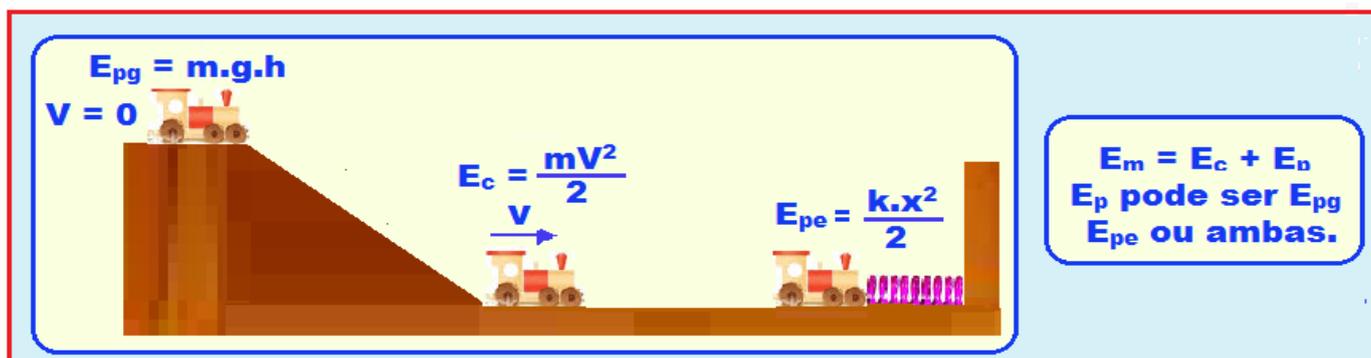


parábola com concavidade para cima.

A energia potencial elástica nunca será negativa, pois K e x^2 são sempre positivos.

Energia Mecânica

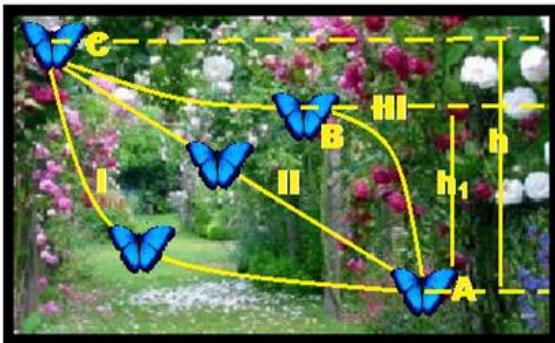
Energia mecânica (E_m) ▶▶ é a energia total do sistema, ou seja, a soma das energias cinética (E_c) com a energia potencial (E_p), sendo que esta pode ser energia potencial gravitacional ou energia potencial elástica, ou ambas.



Sistemas conservativos ➡ São aqueles onde não ocorre dissipação de energia e onde a energia cinética (E_c) e a energia potencial (E_p) são variáveis, mas sua soma, que é a energia mecânica é constante (é sempre a mesma em cada ponto), desde que o corpo se mova sob ação de forças conservativas (força peso, elástica, elétrica, etc.).

Em todo sistema conservativo a energia total (mecânica) permanece constante

É importante lembrar que o trabalho das forças conservativas, como, por exemplo, as forças peso e potencial elástica não dependem da trajetória, mas apenas das posições inicial e final da mesma.



Assim, na figura, o trabalho da força peso da borboleta, que é uma força conservativa é o mesmo na ida de A até B por qualquer uma das trajetórias I, II ou III.

O que você deve saber, informações e dicas



$$E_m = E_c + E_p$$

E_m ➡ energia mecânica (J)

E_c ➡ energia cinética (J)

E_p ➡ energia potencial "gravitacional ou elástica" (J)



Em todo sistema conservativo a energia total (mecânica) permanece constante

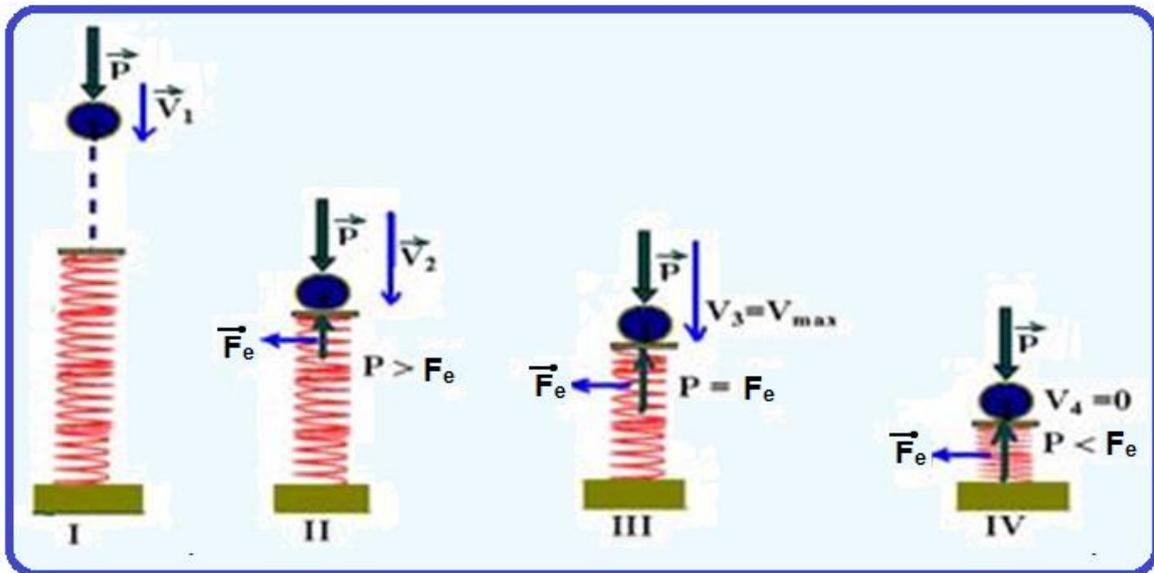


O trabalho das forças conservativas, como, por exemplo, as forças peso, da elástica, da elétrica e da magnética não dependem da trajetória, mas apenas das posições inicial e final da mesma.



Analise com atenção as informações a seguir:

Características do movimento de uma esfera em queda livre que atinge uma mola, deformando-a, até que a esfera pare.



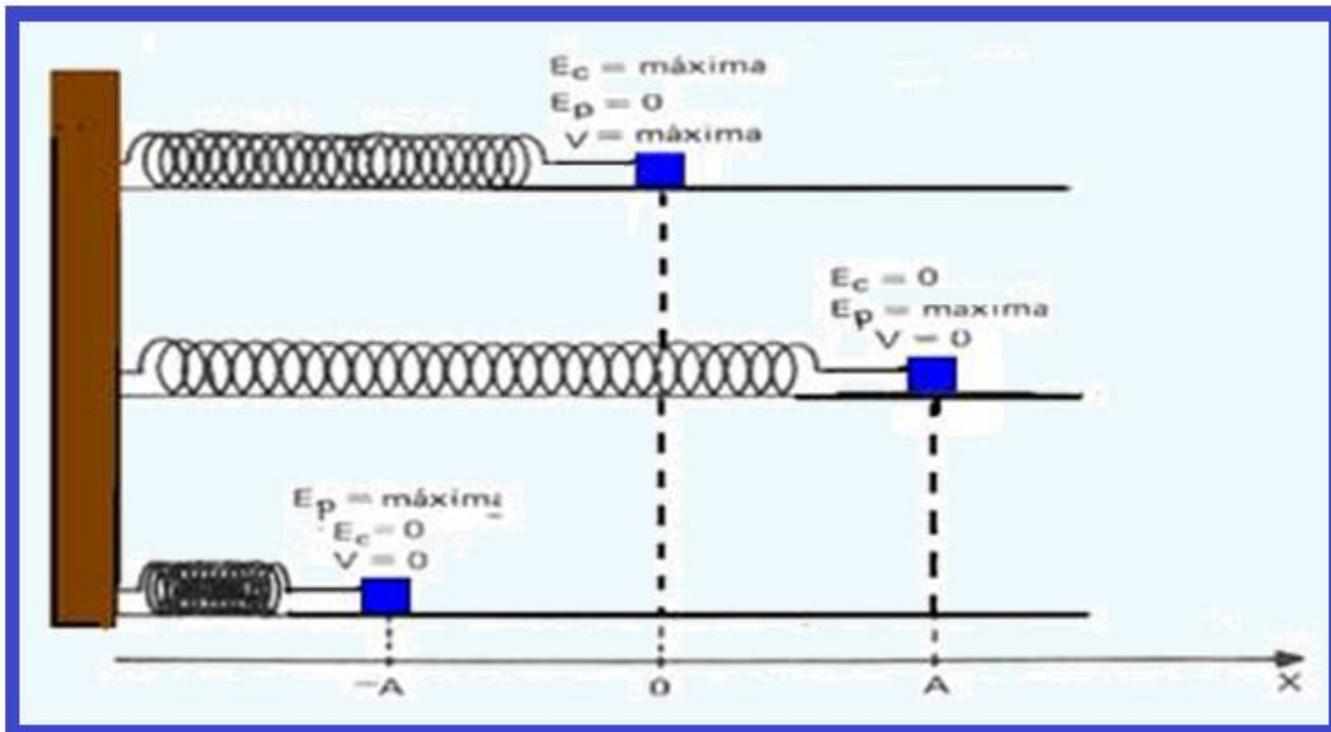
I ➡ a esfera é abandonada do repouso ($V_0 = 0$) e cai sujeita apenas à força peso, com velocidade de intensidade V_1 , que vai aumentando devido apenas à aceleração da gravidade, até atingir a mola.

II ➡ ao atingir a mola, começando a comprimi-la, surge a força elástica (F_e) que se opõe ao peso (P). Com a mola sendo comprimida, a intensidade de F_e vai aumentando, diminuindo a intensidade da força resultante que é para baixo, fazendo com que V_2 aumente cada vez menos, até chegar à situação III, onde tem velocidade V_3 .

III ➡ nesta situação, as intensidades das forças elástica e peso tornam-se iguais ($P = F_e$), quando a velocidade de queda torna-se máxima $V_3 = V_{\text{máx}}$.

IV- ➡ entre III e IV, a velocidade da esfera vai diminuindo, pois F_e vai ficando cada vez maior que o peso, até que a esfera pare, com $V_4 = 0$, e toda a energia mecânica do início, que é a potencial gravitacional, se transforma em elástica.

➡ Um sistema massa-mola constitui um oscilador harmônico simples com amplitude (máxima deformação) A , de características:

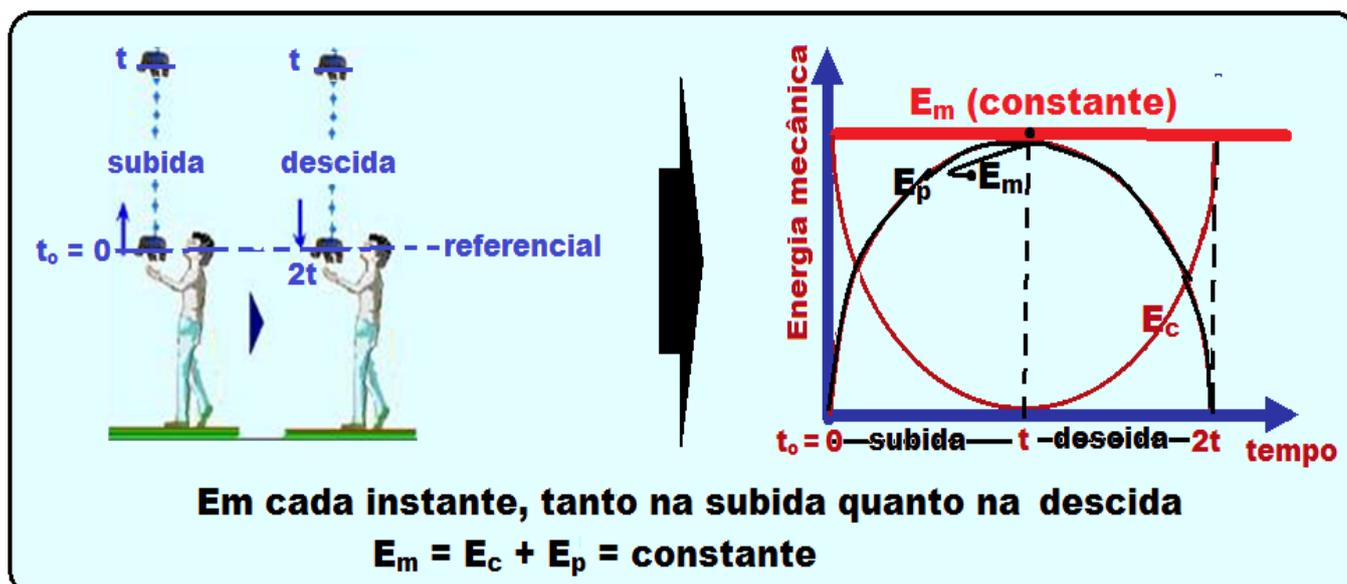


* A energia mecânica é sempre constante no MHS e vale $E_m = kA^2/2$ ou $E_m = E_c + E_p$ ou $E_m = kx^2/2 + m.v^2/2$.

* Nos extremos onde $V = 0$ e o módulo de x é A , temos que $\Rightarrow E_m = E_c + E_p \Rightarrow E_m = 0 + k.A^2/2 \Rightarrow E_m = k.A^2/2 = \text{constante}$

* No ponto médio 0 , onde o módulo de V é máximo e $x = 0$, temos que $\Rightarrow E_m = E_c + E_p \Rightarrow E_m = mv^2/2 + 0 \Rightarrow E_m = m(V_{\text{max}})^2/2 = \text{constante}$

➡ Gráficos das energias cinética, potencial gravitacional e mecânica para um corpo de massa m , quando lançado verticalmente para cima, a partir do ponto de lançamento, tomado como referencial e desprezando-se as forças resistivas, em função do tempo de subida e descida.



Durante todo o movimento, **conclui-se que**, à diminuição de energia cinética **corresponde um** aumento de energia potencial gravitacional e vice-versa, mantendo-se constante a totalidade da energia mecânica.

Observe que as representações gráficas das energias cinética e potencial gravitacional **correspondem à duas parábolas invertidas de modo que, em cada ponto, asoma dessas duas energias corresponda à energia mecânica, que é constante. Observe também que o tempo de subida é igual ao tempo de descida, pois as** forças dissipativas são desprezadas.

Sistemas dissipativos

Sistemas dissipativos **surtem quando** o trabalho é realizado por forças dissipativas (**força de atrito, força de resistência do ar, etc.**) no qual, parte da energia mecânica do sistema é dissipada nas



formas de energia térmica, sonora, etc.

Assim a energia mecânica do sistema, diminui.

O que você deve saber, informações e dicas

Em todo sistema dissipativo, o trabalho das forças não conservativas (força de atrito, força de resistência do ar, etc.) é igual à energia total dissipada, ou seja, é igual à variação da energia mecânica $\Rightarrow E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}} = W_{\text{forças dissipativas}}$