

## Energia potencial gravitacional e energia potencial elástica

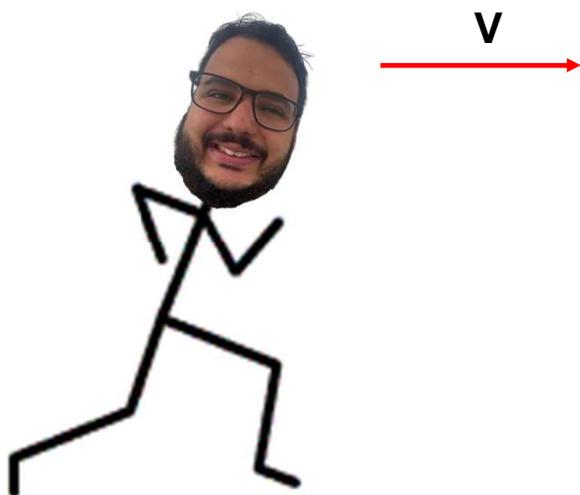
Aulas 26 e 27 / Pg. 371 / Alfa 4

Apresentação, orientação e tarefa: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

**Professor Caio**

## Modalidades de energia

**Energia cinética:** associada ao movimento do corpo.



Como calcular?

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

SI:

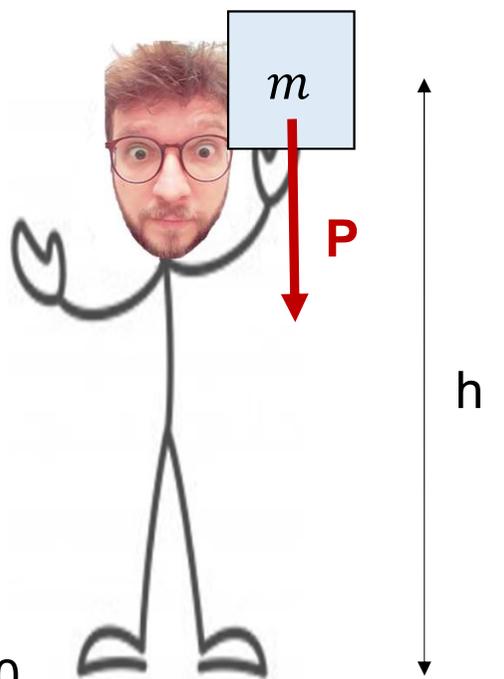
J

kg

m/s

## 1. Modalidades de energia

**Energia potencial gravitacional:** associada à posição do corpo. Energia armazenada.



plano horizontal de referência - PHR

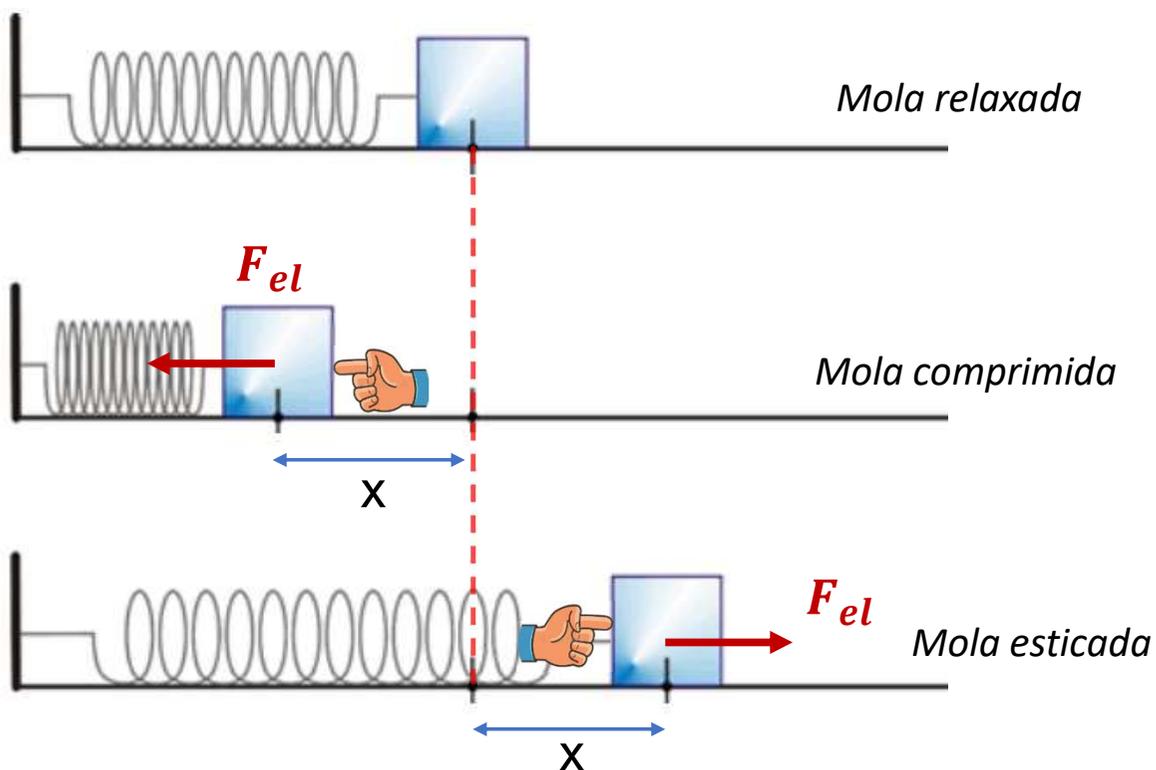
Como calcular?

$$E_{p\ grav} = m \cdot g \cdot h$$

SI: J      kg      m/s<sup>2</sup>      m

## 1. Modalidades de energia

**Energia potencial elástica:** associada à posição do corpo. Energia armazenada.



Como calcular?

$$E_{p \text{ elástica}} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

SI:

J

N/m

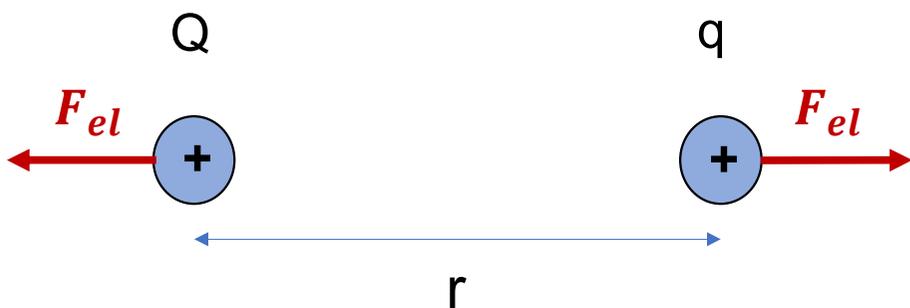
m

(constante elástica)

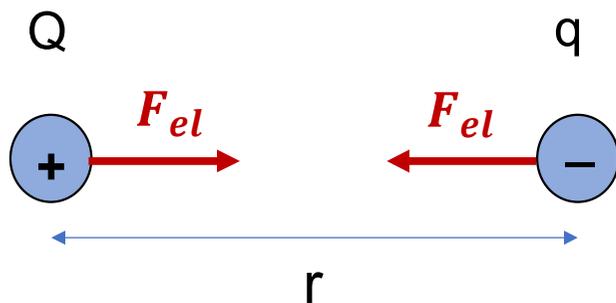
(deformação)

## Modalidades de energia

Energia potencial *elétrica*: associada à posição do corpo. Energia armazenada.



ou



Como calcular?

$$E_{p \text{ elétrica}} = \frac{k \cdot Q \cdot q}{r}$$

SI:

J

$$\frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

m

C

(constante eletrostática do meio)

(quantidade de carga elétrica de cada corpo)

## 2. Forças conservativas e o teorema da energia potencial

### Forças conservativas

- Força peso
- Força elástica
- Força elétrica

O trabalho não depende da trajetória

### Forças não conservativas

- Contato (atrito e normal)
- Tração
- Resistência do ar

O trabalho depende da trajetória

### O teorema da energia potencial (TEP)

$$\tau_{\text{F conservativa}} = E_p^i - E_p^f$$

$\tau$  : calcula a quantidade de energia potencial convertida em outra modalidade, ou vice-versa

Força conservativa  
(FC)

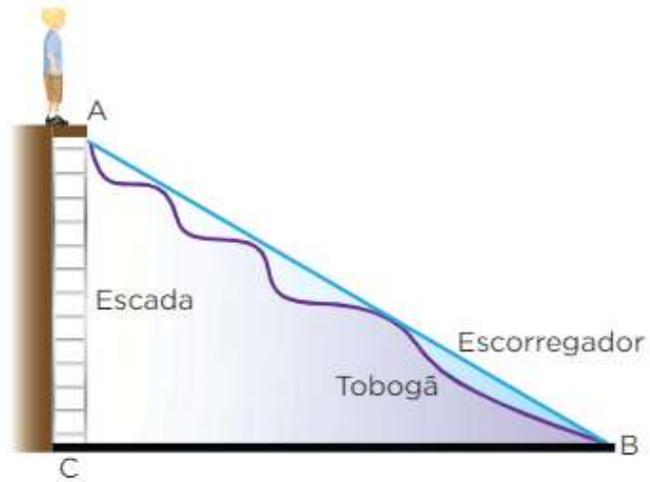
## 2. Forças conservativas e o teorema da energia potencial

### Movimento espontâneo e forçado

- Movimento espontâneo  $\rightarrow E_p$  : diminui  $\rightarrow \tau_{FC} > 0$  (motor)
- Movimento forçado  $\rightarrow E_p$  : aumenta  $\rightarrow \tau_{FC} < 0$  (resistente)

## Exercícios da apostila

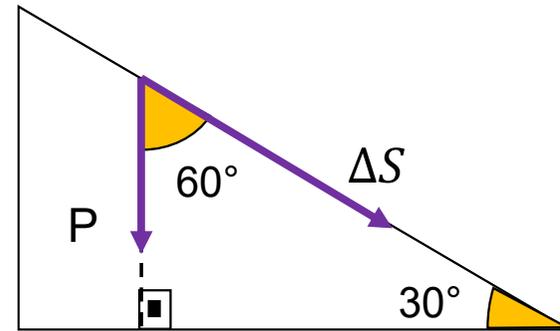
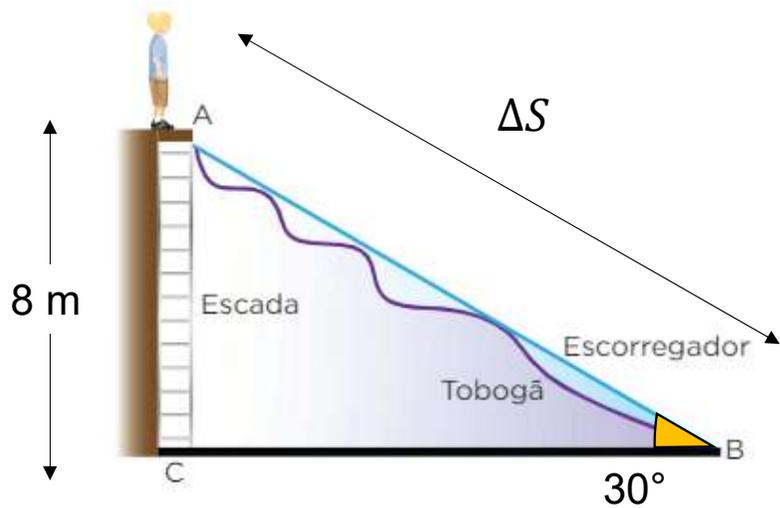
1. Em um parque de diversões, há um brinquedo onde, da mesma altura, partem um escorregador de formato retilíneo, que forma  $30^\circ$  com a horizontal, e um tobogã, de formato ondulado. Ambos terminam no mesmo ponto no chão.



Na figura estão indicados os pontos A, no início do escorregador e do tobogã, B, no final deles, e C, na parte mais baixa da escada. Um garoto de massa 50 kg encontra-se no ponto A, a 8 metros de altura.

Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$

- Calcule o trabalho da força peso aplicada no garoto caso ele decida descer pelo escorregador do ponto A até o ponto B.
- Calcule o trabalho da força peso aplicada no garoto caso ele desista de escorregar e resolva descer a escada, partindo do ponto A, e depois caminhar até o ponto B.
- Calcule o trabalho da força peso aplicada no garoto caso ele decida descer pelo tobogã do ponto A até o ponto B.



- $g = 10 \text{ m/s}^2$
- $m = 50 \text{ kg}$

$$P = m \cdot g = 50 \cdot 10 = 500 \text{ N}$$

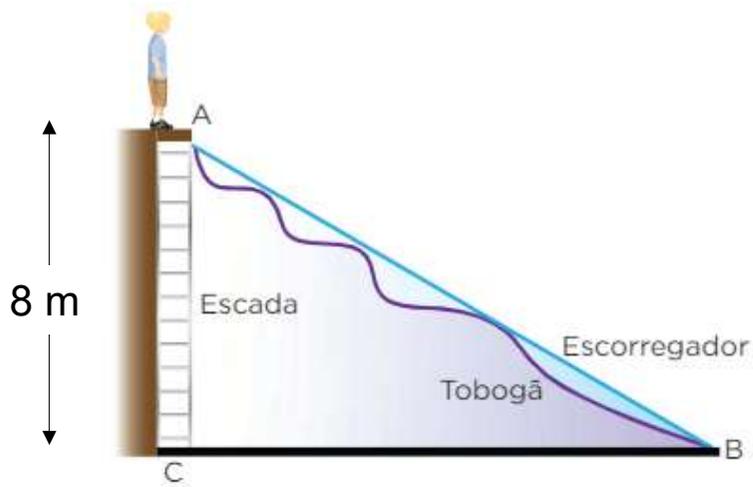
$$\cancel{\text{sen } 30^\circ} = \frac{0,5}{\Delta S} \rightarrow \Delta S = \frac{8}{0,5} = 16 \text{ m}$$

a) Calcule o trabalho da força peso aplicada no garoto caso ele decida descer pelo escorregador do ponto A até o ponto B.

$$\tau = P \cdot \Delta S \cdot \cos 60^\circ$$

$$\tau = 500 \cdot 16 \cdot 0,5$$

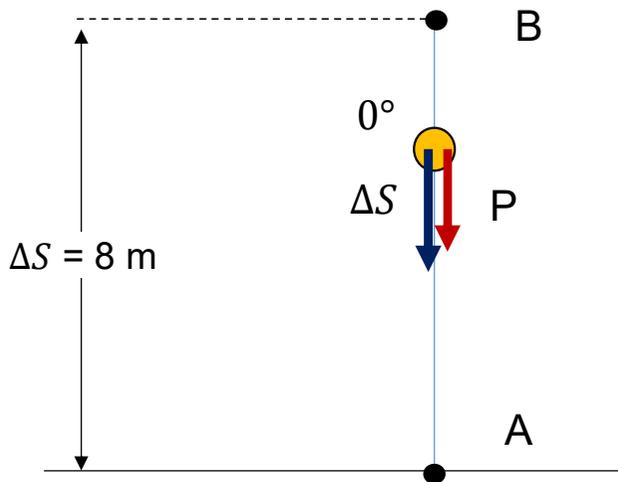
$$\therefore \tau = 4000 \text{ J}$$



$$P = m \cdot g = 50 \cdot 10 = 500 \text{ N}$$

b) Calcule o trabalho da força peso aplicada no garoto caso ele desista de escorregar e resolva descer a escada, partindo do ponto A, e depois caminhar até o ponto B.

A para C

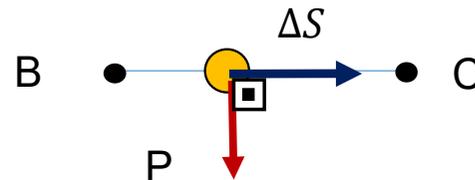


$$\tau = P \cdot \Delta S \cdot \cos 0^\circ$$

$$\tau = 500 \cdot 8 \cdot (1)$$

$$\tau_{AB} = 4000 \text{ J}$$

C para B



$$\tau = P \cdot \Delta S \cdot \cos 90^\circ$$

$$\tau_{BC} = 500 \cdot \Delta S \cdot (0)$$

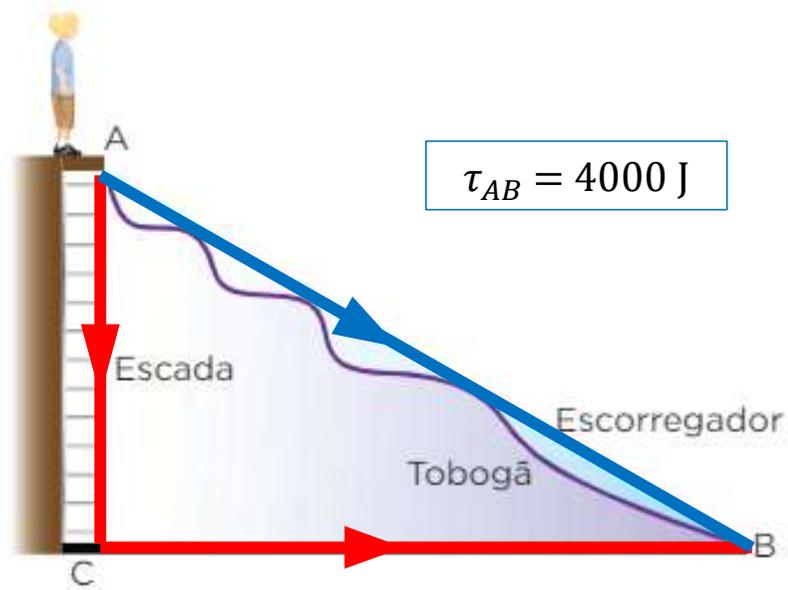
$$\tau_{BC} = 0$$

$$\therefore \tau_{ABC} = 4000 \text{ J}$$



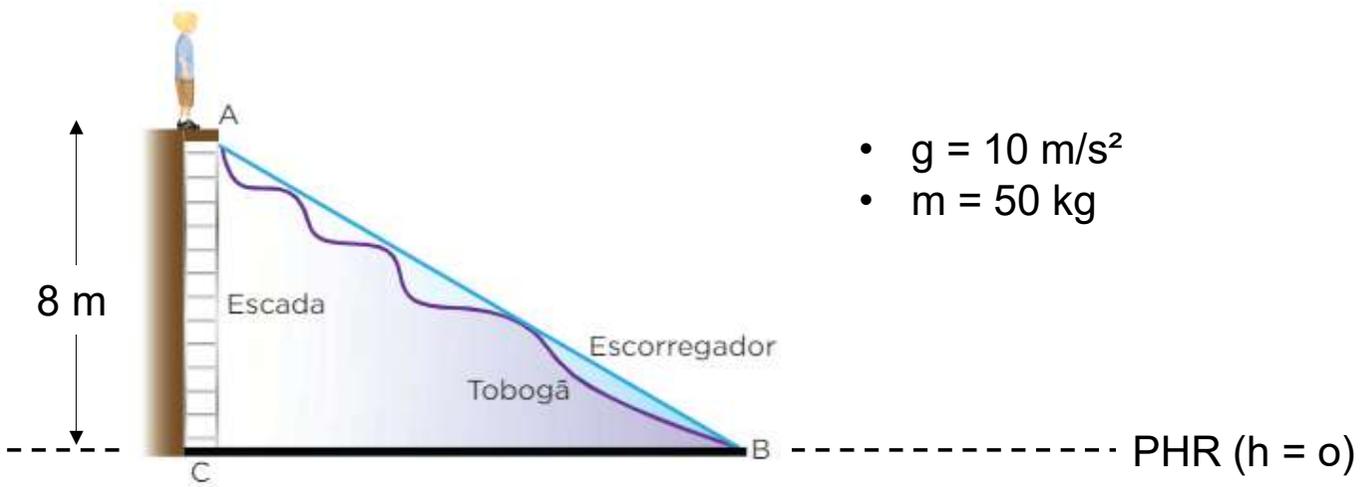
Conclusão:

O trabalho da força peso não depende da trajetória



$$\tau_{AB} = 4000 \text{ J}$$

$$\tau_{ABC} = 4000 \text{ J}$$



c) Calcule o trabalho da força peso aplicada no garoto caso ele decida descer pelo tobogã do ponto A até o ponto B.

$$\tau = E_p(i) - E_p(f)$$

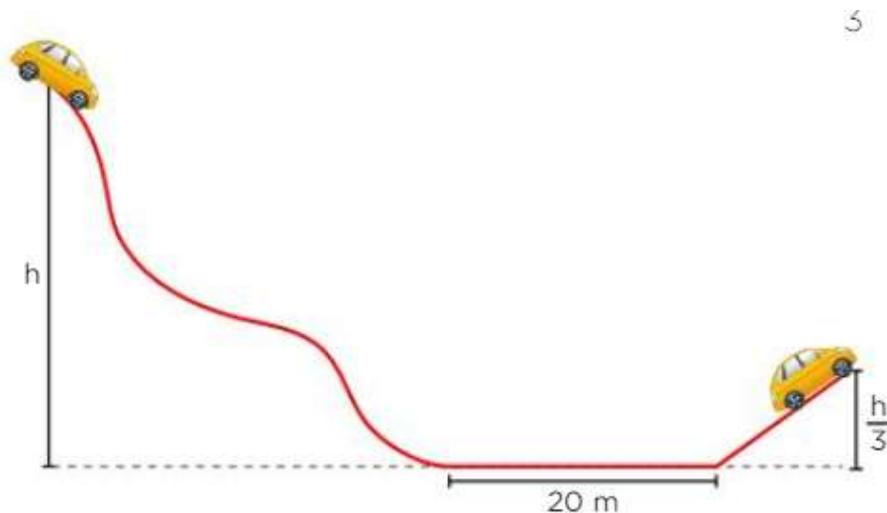
$$\tau = m \cdot g \cdot h_i - m \cdot g \cdot h_f$$

$$\tau = 50 \cdot 10 \cdot 8 - 50 \cdot 10 \cdot 0$$

$$\tau = 4\,000 - 0$$

$$\therefore \tau_{AB} = 4\,000 \text{ J}$$

2. Abandona-se um carrinho em uma pista ondulada, de altura  $h$ , e sem atrito, que termina em uma pista horizontal. Nesse trecho horizontal, de comprimento 20 m, o carrinho fica sujeito à ação de uma força de atrito. Depois de percorrer esse trecho horizontal, o carrinho sobe um plano inclinado, sem atrito, atingindo uma altura  $h/3$ .



Sabendo que o coeficiente de atrito cinético entre o carrinho e a pista horizontal é igual a 0,5, a altura  $h$  de onde o carrinho é abandonado é igual a:

- a) 10 m
- b) 15 m
- c) 20 m
- d) 25 m
- e) 30 m

Sabendo que o coeficiente de atrito cinético entre o carrinho e a pista horizontal é igual a 0,5, a altura  $h$  de onde o carrinho é abandonado é igual a:

$$\tau_R = \tau_P + \tau_A + \tau_N$$

$$\tau_R = E_{c(f)} - E_{c(i)} = 0$$

$$\tau_P = E_{p(i)} - E_{p(f)}$$

$$\tau_A = A \cdot \Delta S \cdot \cos 180^\circ$$

$$\tau_N = N \cdot \Delta S \cdot \cos 90^\circ$$

$$\tau_P = mgh_{(i)} - mgh_{(f)}$$

$$N = P = m \cdot g$$

$$\tau_N = N \cdot \Delta S \cdot (0) = 0$$

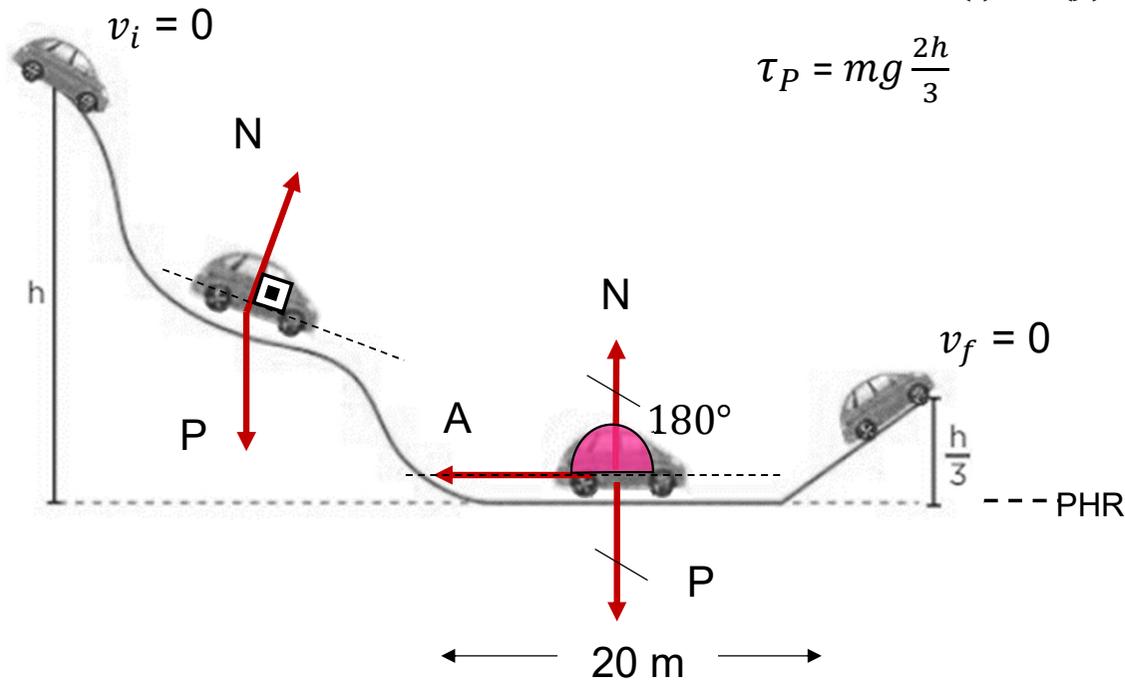
$$\tau_P = mg(h_{(i)} - h_{(f)})$$

$$A = \mu \cdot N = 0,5 \cdot mg$$

$$\tau_P = mg \frac{2h}{3}$$

$$\tau_A = 0,5mg \cdot 20 \cdot (-1)$$

$$\tau_A = -10mg$$



$$\tau_R = \tau_P + \tau_A + \tau_N$$

$$0 = mg \frac{2h}{3} - 10mg + 0$$

$$0 = \frac{2h}{3} - 10$$

$$\frac{2h}{3} = 10$$

$$h = 15\text{ m}$$

$$\tau_P = mg(h_{(i)} - h_{(f)})$$

$$\tau_P = mg\left(h - \frac{h}{3}\right)$$

$$\tau_P = mg\left(\frac{3h - h}{3}\right)$$

$$\tau_P = mg \frac{2h}{3}$$

3. (Unesp) Uma minicama elástica é constituída por uma superfície elástica presa a um aro lateral por 32 molas idênticas, como mostra a figura. Quando uma pessoa salta sobre esta minicama, transfere para ela uma quantidade de energia que é absorvida pela superfície elástica e pelas molas.



Considere que, ao saltar sobre uma dessas minicamas, uma pessoa transfira para ela uma quantidade de energia igual a 160 J, que 45% dessa energia seja distribuída igualmente entre as 32 molas e que cada uma delas se distenda 3,0 mm. Nessa situação, a constante elástica de cada mola, em N/m, vale

- a)  $5,0 \cdot 10^5$
- b)  $1,6 \cdot 10^1$
- c)  $3,2 \cdot 10^3$
- d)  $5,0 \cdot 10^3$
- e)  $3,2 \cdot 10^0$

Considere que, ao saltar sobre uma dessas minicamas, uma pessoa transfira para ela uma quantidade de energia igual a 160 J, que 45% dessa energia seja distribuída igualmente entre as 32 molas e que cada uma delas se distenda 3,0 mm. Nessa situação, a constante elástica de cada mola, em N/m, vale



$$E_{transferida \text{ às } 32 \text{ molas}} = 45\% \text{ de } 160\text{J} = 0,45 \cdot 160 = 72\text{J}$$

↙ ÷ 32 ↘

$$E_{transferida \text{ à } 1 \text{ mola}} = 2,25\text{J}$$

Para uma mola

$$E_{p \text{ el}} = 2,25\text{J}$$

$$x = 3 \text{ mm} = 3 \cdot 10^{-3}\text{m}$$

$$k = ?$$

$$E_{p \text{ el}} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

$$2,25 = \frac{1}{2} k (3 \cdot 10^{-3})^2$$

$$2,25 = \frac{1}{2} k \cdot 9 \cdot 10^{-6}$$

$$k = \frac{2 \cdot 2,25}{9 \cdot 10^{-6}} = \frac{4,5}{9 \cdot 10^{-6}}$$

$$k = 0,5 \cdot 10^6 = 5 \cdot 10^5 \text{ N/m}$$

3. (Unesp) Uma minicama elástica é constituída por uma superfície elástica presa a um aro lateral por 32 molas idênticas, como mostra a figura. Quando uma pessoa salta sobre esta minicama, transfere para ela uma quantidade de energia que é absorvida pela superfície elástica e pelas molas.

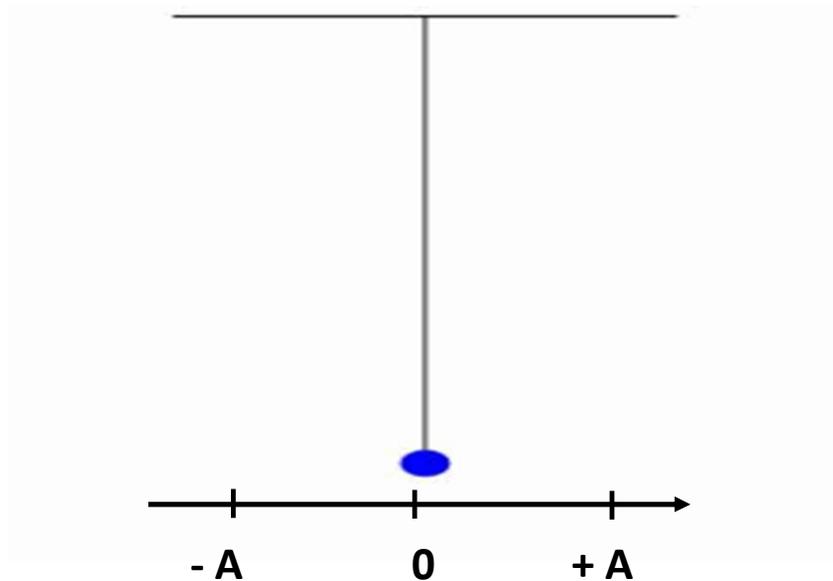


Considere que, ao saltar sobre uma dessas minicamas, uma pessoa transfira para ela uma quantidade de energia igual a 160 J, que 45% dessa energia seja distribuída igualmente entre as 32 molas e que cada uma delas se distenda 3,0 mm. Nessa situação, a constante elástica de cada mola, em N/m, vale

- a)  $5,0 \cdot 10^5$  ←
- b)  $1,6 \cdot 10^1$
- c)  $3,2 \cdot 10^3$
- d)  $5,0 \cdot 10^3$
- e)  $3,2 \cdot 10^0$

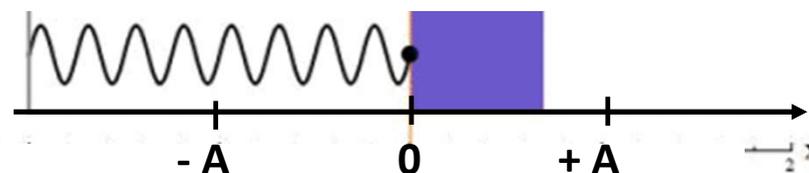
## Pendulo simples e sistema massa mola

## Pêndulo Simples



Velocidade: mín (0) máx mín (0)

## Sistema massa-mola



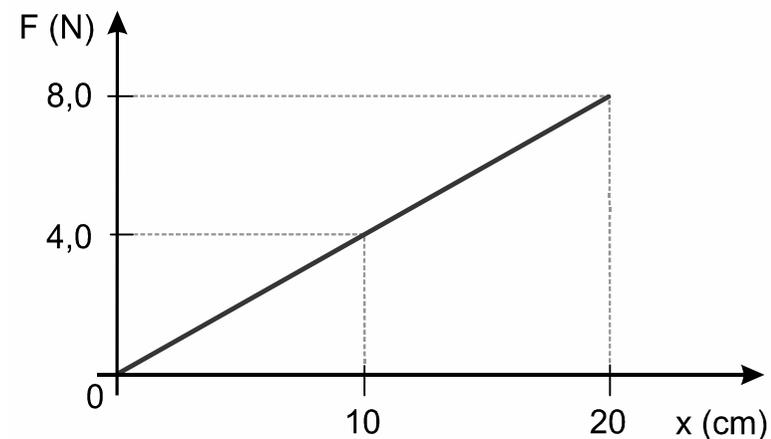
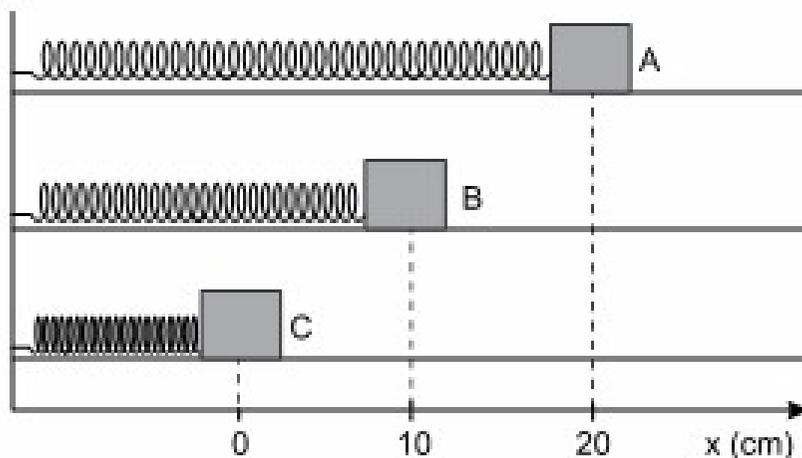
Velocidade: mín (0) máx mín (0)

Deformação: máx mín (0) máx

Período (T): intervalo de tempo para um oscilação completa

## Mais um exercício do Caio

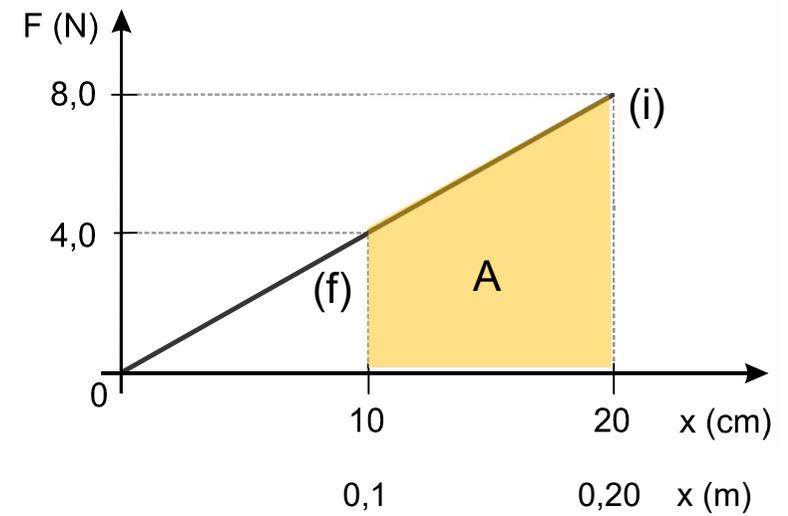
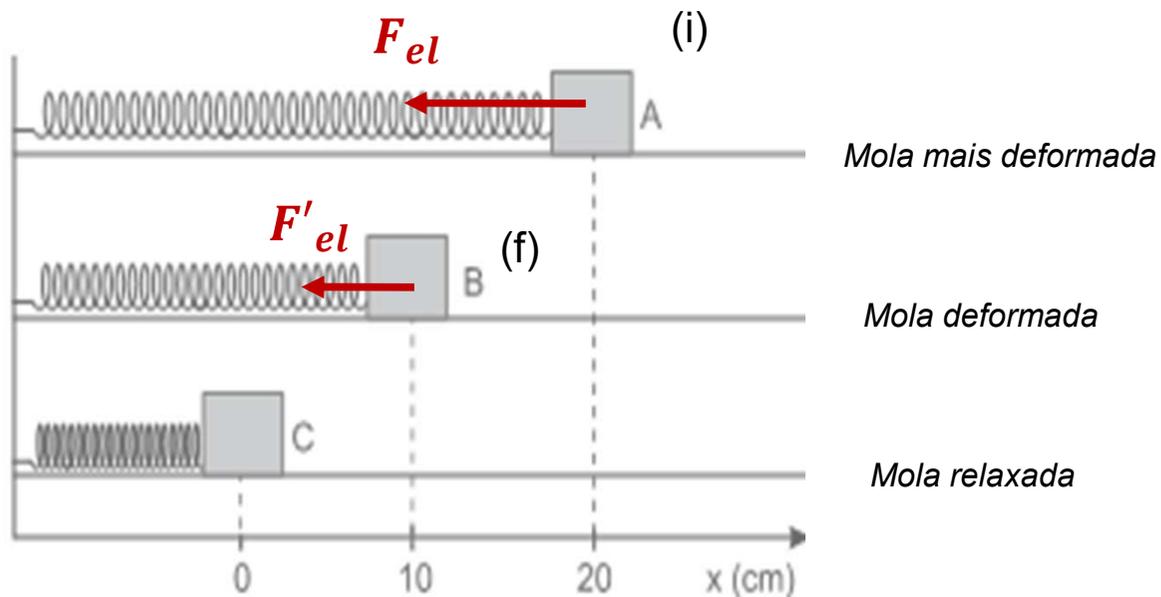
1. (Famerp 2018) A figura mostra o deslocamento horizontal de um bloco preso a uma mola, a partir da posição A e até atingir a posição C.



O gráfico representa o módulo da força que a mola exerce sobre o bloco em função da posição deste.

O trabalho realizado pela força elástica aplicada pela mola sobre o bloco, quando este se desloca da posição A até a posição B, é

- a) 0,6 J   b) -0,6J   c) -0,3J   d) 0,8J   e) 0,3J



O gráfico representa o módulo da força que a mola exerce sobre o bloco em função da posição deste.

O trabalho realizado pela força elástica aplicada pela mola sobre o bloco, quando este se desloca da posição A até a posição B, é

~~$$\tau = F \cdot \Delta S \cdot \cos \theta$$~~

Só vale para  $F$  constante!

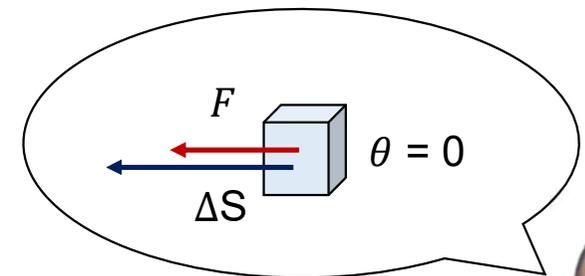
Não podemos usar neste caso.

$$|\tau_F|^N = A$$

$$A = \frac{(B+b) \cdot h}{2}$$

$$A = \frac{(8+4)0,1}{2} = 0,6$$

$$\tau_F = 0,6 \text{ J}$$



## Revisão: trabalho de uma força variável

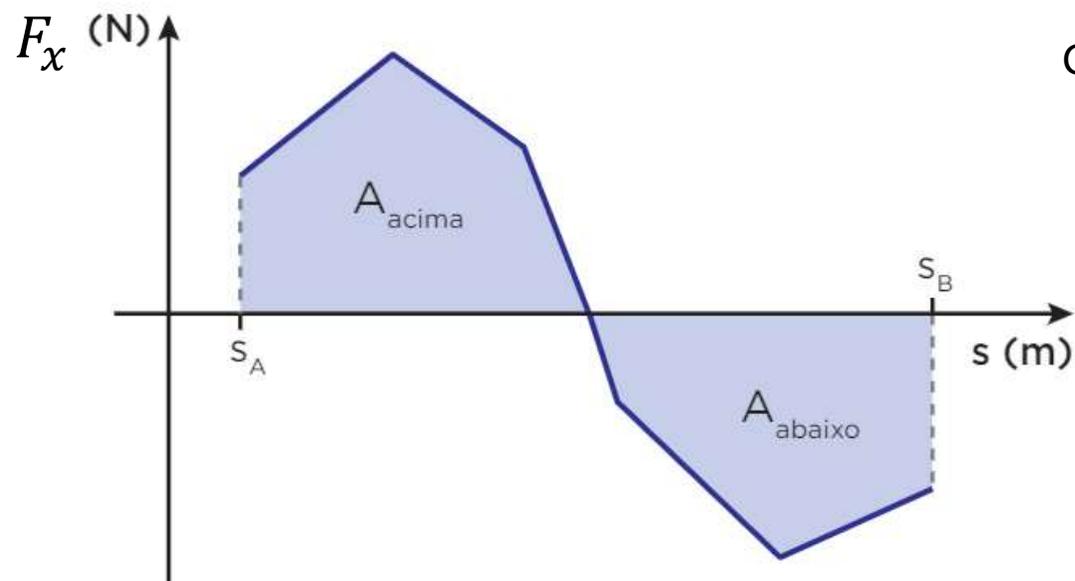
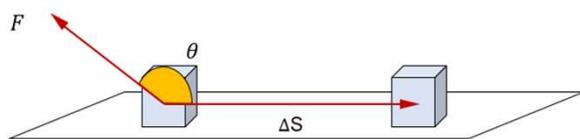
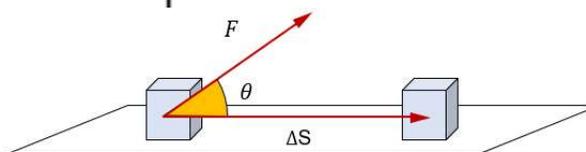
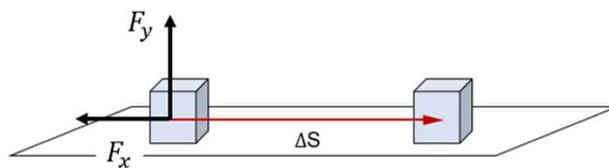
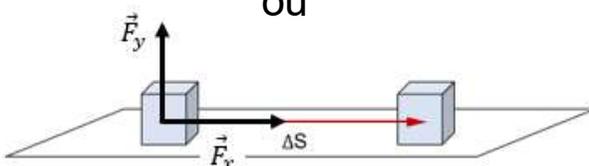


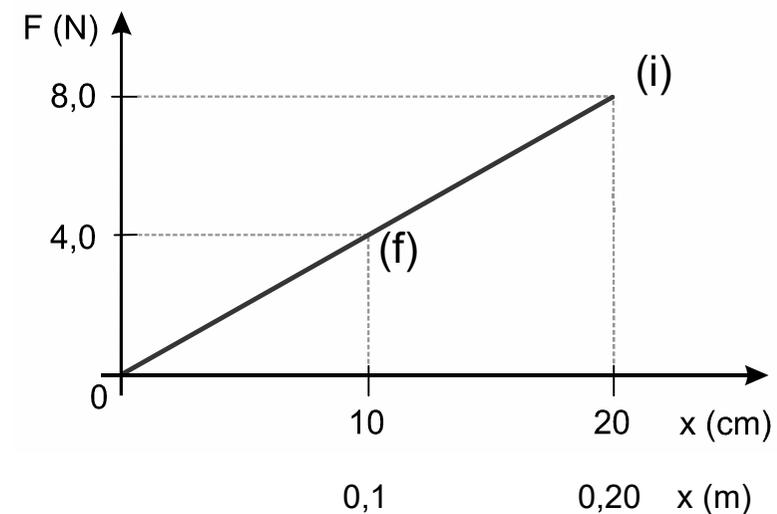
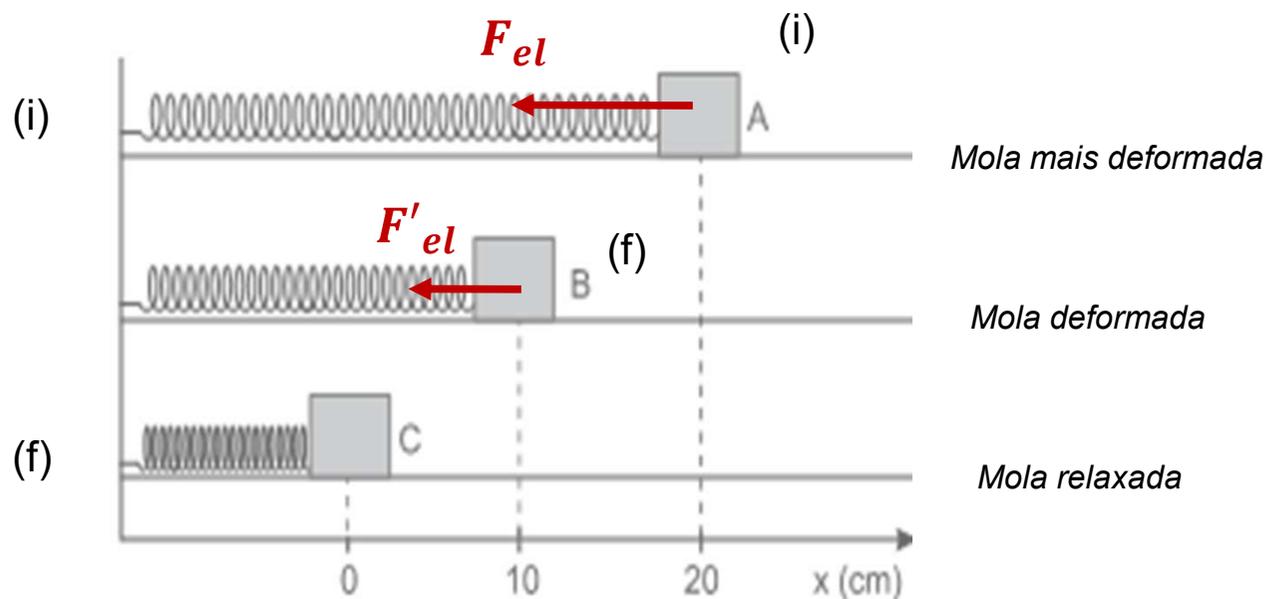
Gráfico da projeção de  $F$  na direção da trajetória



OU



$$\tau_F \stackrel{N}{=} A_{\text{acima}} - A_{\text{abaixo}}$$



O gráfico representa o módulo da força que a mola exerce sobre o bloco em função da posição deste.

O trabalho realizado pela força elástica aplicada pela mola sobre o bloco, quando este se desloca da posição A até a posição B, é

### Cálculo da constante

Para  $x = 20 \text{ cm}$

$$F_{el} = k \cdot x$$

$$k = \frac{F}{x} = \frac{8}{0,2} = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

### Cálculo do trabalho

$$\tau = E_p(i) - E_p(f)$$

$$\tau = \frac{k \cdot x_i^2}{2} - \frac{k \cdot x_f^2}{2}$$

$$\tau = \frac{40 \cdot (0,2)^2}{2} - \frac{40 \cdot (0,1)^2}{2}$$

$$\tau = \frac{40 \cdot 0,04}{2} - \frac{40 \cdot 0,01}{2}$$

$$\tau = 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ J}$$



Boa semana!