

FORÇA ELÁSTICA

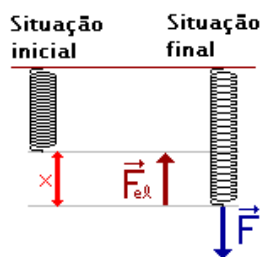
Você já deve ter reparado que quando se estica ou se comprime um elástico ele resiste, aplicando uma força contrária à que recebe e depois quando solto, ele tende a voltar ao seu estado inicial, não é verdade?

Esta força que inicialmente se opõe a deformação do elástico e que depois tende a fazê-lo retornar é chamada de força elástica (fel).

Podemos com isso definir força elástica como sendo uma força restauradora que tende a fazer com que um sistema quando retirado do seu estado de equilíbrio por uma força deformadora, retorne ao seu estado inicial. Desta forma, o sentido da força elástica é sempre oposto ao da força deformadora.

Veja o exemplo abaixo onde temos inicialmente uma mola não deformada de comprimento inicial L_0 .

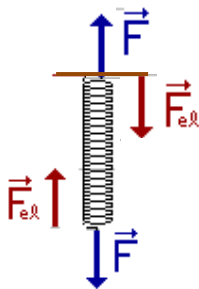
Ao aplicarmos na extremidade livre uma força deformadora F , verificamos que a mola sofre uma distensão X (deformação) de forma que neste ponto onde é aplicada a força F , surge uma força elástica em sentido oposto ao de F .



Sendo L o comprimento final da mola após a deformação, temos que $L = L_0 + X$.

Mas, a força elástica só surge na extremidade inferior da mola?

Pela terceira Lei de Newton, vimos que para toda ação existe uma reação em sentido oposto e de mesma intensidade, sendo assim temos que na extremidade fixa da mola surge uma força $-F$ e portanto uma força elástica restauradora fel para baixo, observe:



Lei de Hooke

O físico inglês Robert Hooke (1635-1703) estudou cuidadosamente várias situações em que uma mola sofria deformações e fez importantes observações que o permitiram determinar uma equação matemática capaz de calcular a intensidade desta força elástica, equação que ficou conhecida como lei de Hooke.

Ele percebeu que quanto maior fosse a força aplicada sobre a mola, maior a deformação sofrida por esta e maior a força restauradora e que para diferentes molas, a mesma força causava diferentes deformações. Com base nestas observações, para pequenas deformações podemos escrever:

$F_{el} = K.X$, onde k é a constante da mola cujo valor depende da mola usada e x a deformação da mola.

Constante elástica

Mas, dizer que K é uma grandeza que varia de acordo com a mola utilizada é muito pouco não acha? Vamos então entender melhor o significado desta constante.

Primeiro vamos determinar no sistema internacional (SI) a sua unidade.

Como pela equação $K = \frac{F_{el}}{X}$, no SI temos que $K = \frac{N}{m}$

Mas aí, você pode me perguntar: sim Abud, e daí?

Vamos tentar explicar através de um exemplo numérico.

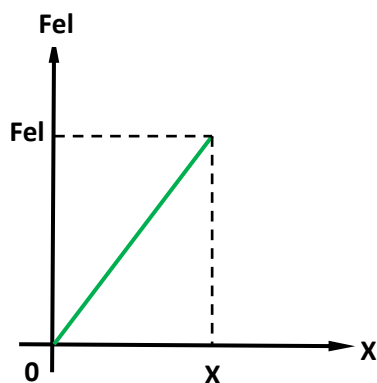
Imagine que a constante elástica de uma mola seja 38N/m . Isto significa dizer que podemos aplicar por metro desta mola uma força deformadora de até 38N , de forma que após a aplicação desta força, esta mola volta exatamente ao seu estado inicial. Dito isto, podemos definir a constante elástica como sendo **a máxima força que pode ser aplicada por unidade de comprimento do material, sem causar neste uma deformação permanente (deformação plástica)**.

No caso real, a mola tem um comportamento elástico até um determinado valor x' , que varia de acordo com a mola. Acima deste valor crítico ela passa a não obedecer a Lei de Hooke e dependendo da intensidade da força aplicada pode até se romper ("quebrar"). É por este motivo que a Lei de Hooke só é válida quando o valor de " x " (deformação – quanto ela se esticou) for pequeno em comparação com L_0 (comprimento natural da mola).

Atualmente podemos verificar as ideias propostas por Hooke através de experimentos utilizando materiais de baixo custo como: molas de caderno, madeira e régua ou até mesmo por meio do computador em algumas simulações disponíveis na internet.

Gráfico força elástica versus deformação ($F_{el} \times X$)

Pela Lei de Hooke pode-se perceber que por se tratar de uma equação do primeiro grau, o gráfico $F_{el} \times X$ é representado por uma reta crescente do tipo :



Como sabemos que a inclinação de uma reta é dada pela tangente do ângulo formado entre ela e a direção horizontal temos;

$$\text{tg}\theta = F_{el}/x$$

Como vimos que $F_{el}/x = k$, concluímos que no gráfico $F_{el} \times X$ a constante elástica determina a inclinação da reta, isto significa que quanto mais inclinada à reta, maior a constante elástica do material.

Exercício resolvido

1-Um corpo de 10kg, em equilíbrio, está preso à extremidade de uma mola, cuja constante elástica é 150N/m. Considerando $g=10\text{m/s}^2$, qual será a deformação da mola?

Resolução

Se o corpo está em equilíbrio, a soma das forças aplicadas a ela será nula, ou seja: $F_{el}-P=0$, pois as forças têm sentidos opostos.

$$F_{el} = P$$

$$K.X = m.g$$

$$150X = 100$$

$$X = 0,66\text{m}$$

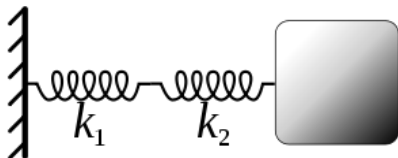
Associação de molas

A **associação de molas** resulta em uma mola equivalente (com uma constante elástica equivalente). Iremos abordar neste tópico, apenas as associações de molas em série e em paralelo.

a) Em série

Nessa associação, obtém-se uma mola equivalente maior que as molas associadas e com uma constante elástica equivalente menor que as constantes das molas associadas.

Na prática essa associação não é muito utilizada, porém ela passa uma idéia muito boa, quanto maior a mola menor o coeficiente de restituição. Essa idéia é utilizada em bungee jumps, em que toda a corda funciona como um elástico, com constante elástica baixa, o que proporciona uma desaceleração menor, proporcionando uma sensação de queda livre. Sabemos ainda que acelerações altas são desconfortáveis para as pessoas, podendo inclusive causar danos sérios.



Neste caso as molas 1 e 2 estão sujeitas à mesma força F e sofrem deformações diferentes x_1 e x_2 .

$$F_1 = F_2 = F_{eq}$$

$$x_{eq} = x_1 + x_2$$

$$x_1 = (F_1 / k_1) \text{ e } x_2 = (F_2 / k_2)$$

$$k_{eq} = (F_{eq} / x_{eq}) = F_{eq} / [(F_{eq} / k_1) + (F_{eq} / k_2)]$$

$$(1 / k_{eq}) = [(F_{eq} / k_1) + (F_{eq} / k_2)] / F_{eq}$$

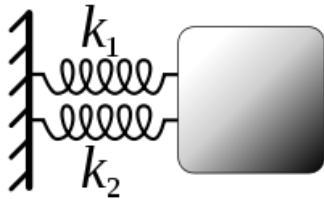
$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

b) Em paralelo

Essa associação é característica em que 2 ou mais molas são postas lado a lado.

Esse tipo de associação é utilizado em colchões de mola. A força é distribuída pelas molas. Para não haver desequilíbrio, as molas são dispostas de modo simétrico, e todas possuem o mesmo coeficiente de reconstituição.

Nesta associação, a constante elástica equivalente é maior que a maior constante elástica da associação.



$$x_1 = x_2 = x_{eq}$$

$$F_{eq} = F_1 + F_2$$

$$F_1 = k_1 * x_1 \text{ e } F_2 = k_2 * x_2$$

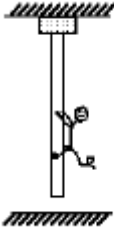
$$k_{eq} = (F_{eq} / x_{eq}) = [(k_1 * x_1) + (k_2 * x_2)] / x_{eq}$$

$$k_{eq} = k_1 + k_2$$

Fonte : wikipedia

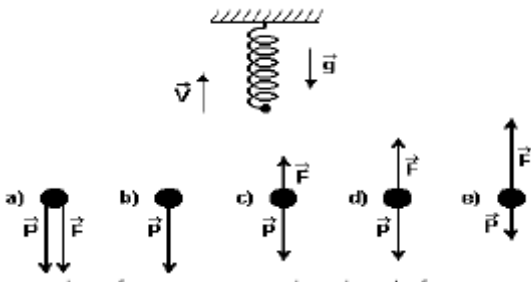
EXERCÍCIOS

01. (Fuvest 1989) Uma tira elástica de borracha está presa no teto de uma sala. Um macaco dependurado na tira sobe em direção ao teto com velocidade praticamente constante. Podemos afirmar que, à medida que o macaco sobe;

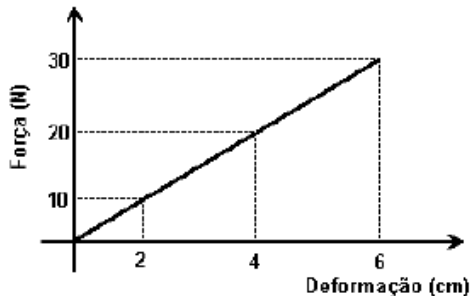


- a força que a tira exerce no teto aumenta.
- a força que a tira exerce no teto diminui.
- a distância da extremidade inferior da tira ao chão aumenta.
- a distância da extremidade inferior da tira ao chão diminui.
- a distância da extremidade inferior da tira ao chão não se altera.

02. Uma bolinha pendurada na extremidade de uma mola vertical executa um movimento oscilatório. Na situação da figura, a mola encontra-se comprimida e a bolinha está subindo com velocidade v . Indicando por F a força da mola e por P (vetorial) a força peso aplicadas na bolinha, o único esquema que pode representar tais forças na situação descrita anteriormente é



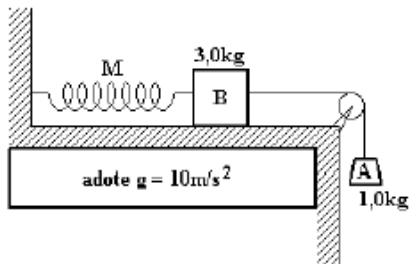
03. (UFV 1996) Um experimentador fez um estudo da deformação de uma mola em função da força aplicada e construiu o gráfico a seguir.



A relação matemática entre o módulo da força (F) e a deformação (x), respeitadas as unidades mostradas no gráfico, pode ser expressa por:

- $F = 30x$.
- $F = 6x$.
- $F = (6 / 30) x$.
- $F = 5x$.
- $F = 2x$.

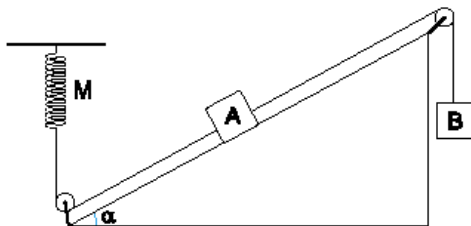
04.(Mackenzie 1996) Para a verificação experimental das leis da Dinâmica, foi montado o sistema a seguir.



Nele, o atrito é desprezado, o fio e a aceleração são ideais. Os corpos A e B encontram-se em equilíbrio quando a mola "ultraleve" M está distendida de 5,0 cm. A constante elástica desta mola é:

- a) $3,0 \cdot 10^2 \text{ N/m}$ d) $1,0 \cdot 10^2 \text{ N/m}$
 b) $2,0 \cdot 10^2 \text{ N/m}$ e) $5,0 \cdot 10^3 \text{ N/m}$
 c) $1,5 \cdot 10^2 \text{ N/m}$

05. O conjunto abaixo é constituído de polias, fios e molas ideais e não há atrito entre o corpo A e a superfície do plano inclinado. Os corpos A e B possuem a mesma massa. O sistema está em equilíbrio quando a mola M, de constante elástica 2.000 N/m, está deformada de 2 cm.



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

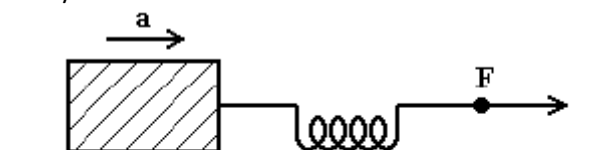
$\cos \theta = 0,8$

$\text{sen } \theta = 0,6$

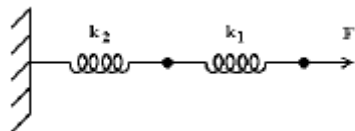
A massa de cada um desses corpos é:

- a) 10 kg d) 4 kg
 b) 8 kg e) 2 kg
 c) 6 kg

06. Um conjunto massa-mola desloca-se sob a ação de uma força F em uma superfície plana, sem atrito, conforme mostra a figura a seguir. A aceleração do conjunto é 5 m/s^2 , a massa do bloco é 2 kg, e a distensão da mola permanece constante. Determine a distensão da mola, em centímetros, desprezando a massa da mola e assumindo que sua constante elástica vale 200 N/m .

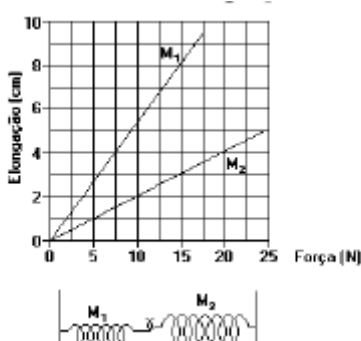


07. (UFPE 1995) Uma mola de constante elástica $k_1 = 24 \text{ N / m}$ é conectada a uma segunda mola de constante elástica $k_2 = 45 \text{ N / m}$, que está conectada a uma parede rígida na outra extremidade, conforme mostra a figura a seguir. Uma pessoa aplica uma força F à uma primeira mola, distendendo-a em 15 cm relativo ao seu comprimento em equilíbrio. Calcule a distensão da segunda mola, em cm .



08. (Vunesp 1994) O gráfico mostra as elongações sofridas por duas molas, M_1 e M_2 , em função da força aplicada.

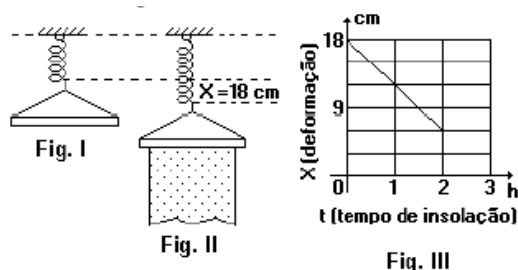
Quando essas molas são distendidas, como mostra a figura abaixo do gráfico, sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa, a elongação sofrida por M_2 é igual a $3,0 \text{ cm}$.



Examine o gráfico e responda:

- Qual é a intensidade da força que está distendendo M_2 ?
- Qual é a elongação sofrida por M_1 ?

09. (Fuvest 1993) A figura I, a seguir, representa um cabide dependurado na extremidade de uma mola de constante elástica $k = 50 \text{ N / m}$. Na figura II tem-se a nova situação de equilíbrio logo após a roupa molhada ser colocada no cabide e exposta ao sol para secar, provocando na mola uma deformação inicial $x = 18 \text{ cm}$. O tempo de insolação foi mais do que suficiente para secar a roupa completamente. A variação da deformação da mola (em cm) em função do tempo (em horas) em que a roupa ficou sob a ação dos raios solares está registrada no gráfico III a seguir.

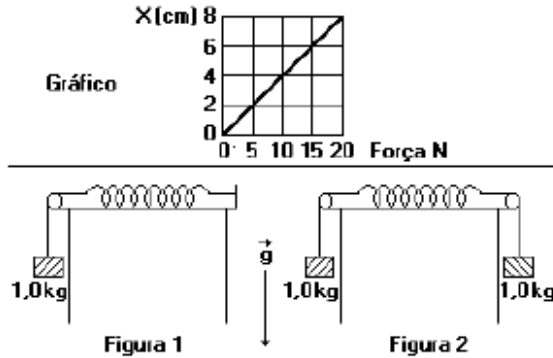


Considere que cada grama de água para vaporizar absorve 500 cal de energia e determine o peso da água que evaporou.

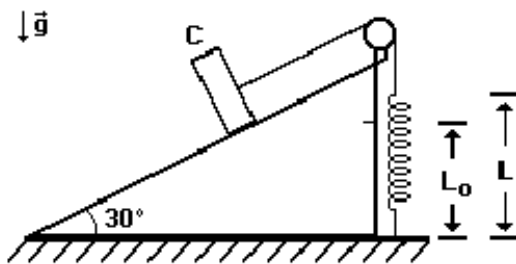
10. (Vunesp 1993) O gráfico adiante mostra a elongação x sofrida por uma mola em função da força aplicada.

A partir do gráfico, determine as elongações sofridas por essa mola nas situações:

Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$, os fios inextensíveis e sem massa e despreze qualquer atrito.



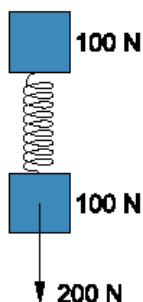
11. (Fuvest 1996) Um corpo C de massa igual a 3 kg está em equilíbrio estático sobre um plano inclinado, suspenso por um fio de massa desprezível preso a uma mola fixa ao solo, como mostra a figura a seguir.



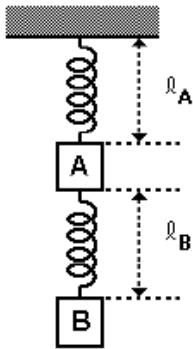
O comprimento natural da mola (sem carga) é $L_0 = 1,2 \text{ m}$ e ao sustentar estaticamente o corpo ela se distende, atingindo o comprimento $L = 1,5 \text{ m}$. Os possíveis atritos podem ser desprezados. A constante elástica da mola, em N/m , vale então

- a) 10.
- b) 30.
- c) 50.
- d) 90.
- e) 100

12. O conjunto dos blocos representados na figura está sujeito a uma força vertical para baixo, constante, de 200 N. A constante elástica da mola (de massa desprezível) que une os blocos vale 1.000 N/m e o movimento do sistema se dá na mesma linha vertical. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Qual é, em cm, a deformação da mola?



13. (Mackenzie 1998) No sistema a seguir, as molas ideais têm, cada uma, constante elástica igual a 2.000 N/m e comprimento natural 10 cm . Se cada um dos corpos A e B tem massa igual a 5 kg , então a soma $L_A + L_B$ vale:



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

- a) $20,0 \text{ cm}$
- b) $22,5 \text{ cm}$
- c) $25,0 \text{ cm}$
- d) $27,5 \text{ cm}$
- e) $30,0 \text{ cm}$

GABARITO

01. C

02. D

03. D

04. A

05. A

06. 5cm

07. 8cm

08.a)15N b) $X_1 = 8\text{cm}$

09. 6N

10. Nas duas situações as molas sofrem uma deformação de 4cm

11. C

12. 10cm

13. D