

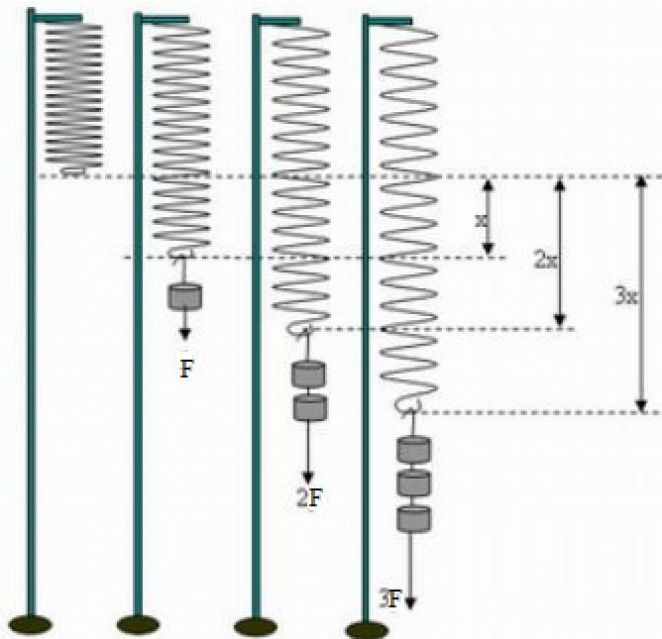
Dinâmica

Assunto: Força Elástica e Peso Aparente

Aula 03 – Lei de Hooke e Peso Aparente

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

Força elástica - Lei de Hooke: Considere a mola abaixo em sua posição de equilíbrio. O que acontecerá se ela sofrer um deslocamento x ?



É de fácil aceitação que ela reagirá a esse movimento exercendo uma determinada força F que atua em sentido contrário ao deslocamento. O cientista Robert Hooke verificou que se deslocarmos a mola em $2x$ de sua posição original, a força deixa de ser F e passa a ser $2F$. Portanto: A força exercida por uma mola é proporcional ao deslocamento que ela sofre. Em termos matemáticos, temos:

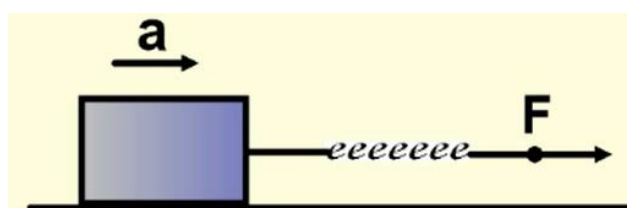
$$\boxed{F = k x} \quad (\text{LEI DE HOOKE})$$

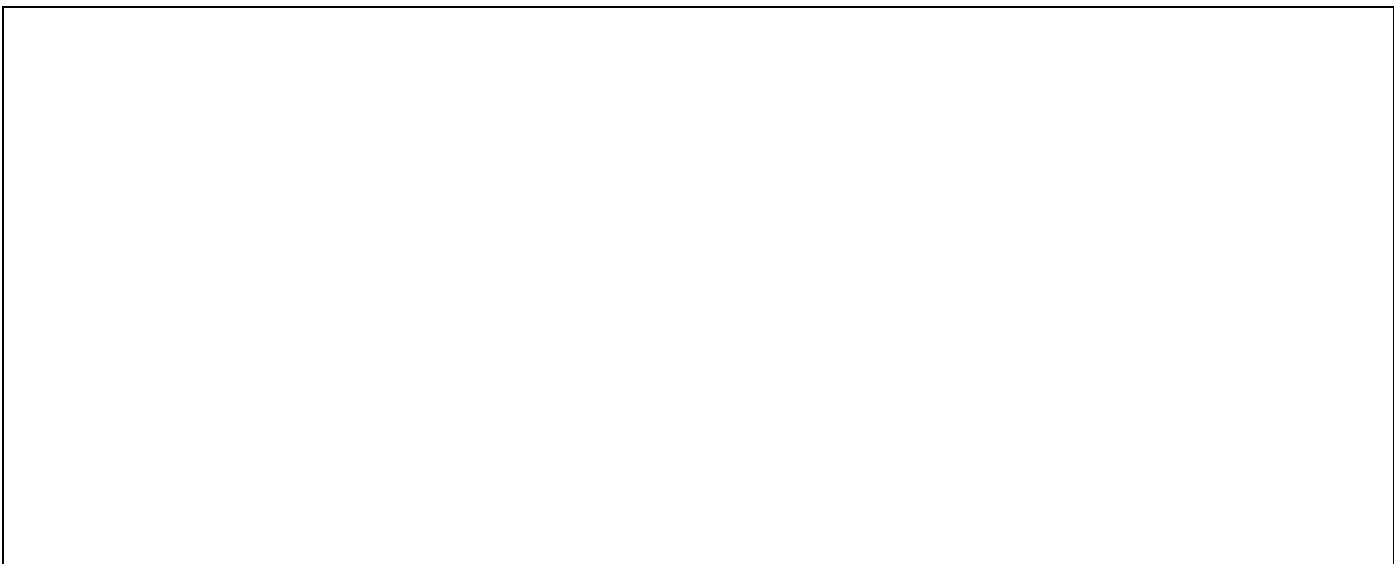
onde K é chamado de constante elástica da mola e x é um número que depende da mola usada em nossa experiência.

No sistema internacional (SI), a força é dada em N e x em m. Como $k = F/x$, no SI k será dado em N/m. Então é importante você estar atento as unidades de força, alongação da mola e a constante elástica da mola para que eles não estejam em sistemas diferentes.

Exercício de aprendizagem:

1) 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 .





Peso aparente no elevador:

Quando entramos em um elevador, que tem uma aceleração muito intensa, percebemos alterações em nosso peso quando o elevador acelera para cima ou para baixo. Há momentos em que aparentemente ficamos mais pesados e a instantes que aparentemente ficamos mais leves. Na verdade, a nossa sensação de peso se deve à normal (**N**). Se a normal (**N**) aumenta, aparentemente sentiremos mais pesados e se a normal diminui, aparentemente sentiremos mais leves. O nosso peso não varia pois o seu valor é constante e vale ($P = m \cdot g$). O desenho a seguir representa um elevador com uma pessoa sobre uma balança dentro do mesmo. Quando o elevador estiver parado, teremos agindo sobre a pessoa o peso da mesma e a normal, que é a força que a balança faz sobre ela. Como nesse caso a normal será igual ao peso, a pessoa não terá sensação desagradável (**a**). Agora se o elevador for subir acelerado ou descer retardado, a normal deverá ficar maior do que o peso, para que a pessoa suba acelerada ou desça retardada (freando), sendo assim, a balança indicará para a mesma um valor maior e a pessoa também terá a sensação de estar mais pesada (**b**). Agora se o elevador for descer acelerado ou subir retardado, a normal diminuirá, uma vez que o peso não altera, e a balança indicará um valor para o peso menor e a pessoa terá a sensação de estar ficando mais leve “friozinho na barriga” (**c**). Podemos ainda ter o caso do elevador estar caindo em queda livre. Suponha que arrebe o cabo do elevador e ele caia em queda livre (normalmente o elevador tem um dispositivo de segurança que não deixa que isto ocorra) o elevador irá cair em queda livre. Nesse caso o peso será maior que a normal e o que ocorre está representado em (**d**). Veja abaixo o estudo de cada caso:

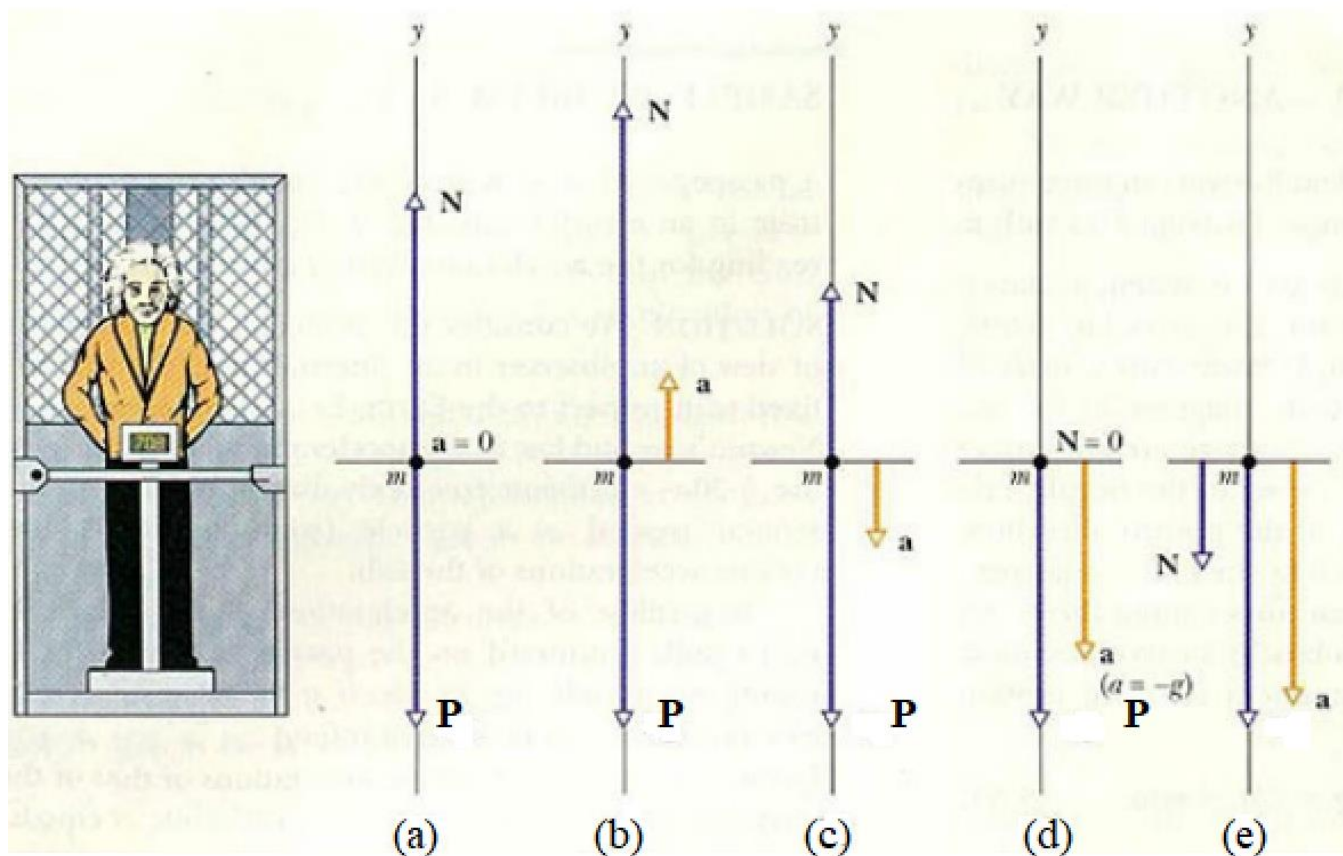
(a) - Se ele sobe ou desce com M.U. teremos aceleração zero, portanto: $N - P = m \times a$
então $N = P$.

(b) - Sobe acelerado ou desce retardado, a normal será maior que o peso, então: $N - P = m \times a$

(c) - Sobe retardado ou desce acelerado, a normal será menor que o peso, então: $P - N = m \times a$

(d) - Se o elevador descer em queda livre, isto é, se arrebe o cabo do elevador, ele descerá com a aceleração da gravidade, portanto: $P - N = m \times a$
 $mg - N = m \times g$; então $N = 0$

(e) – Neste caso o elevador estaria com uma aceleração maior do que a gravidade. Como exemplo, um foguete acelerando para baixo.

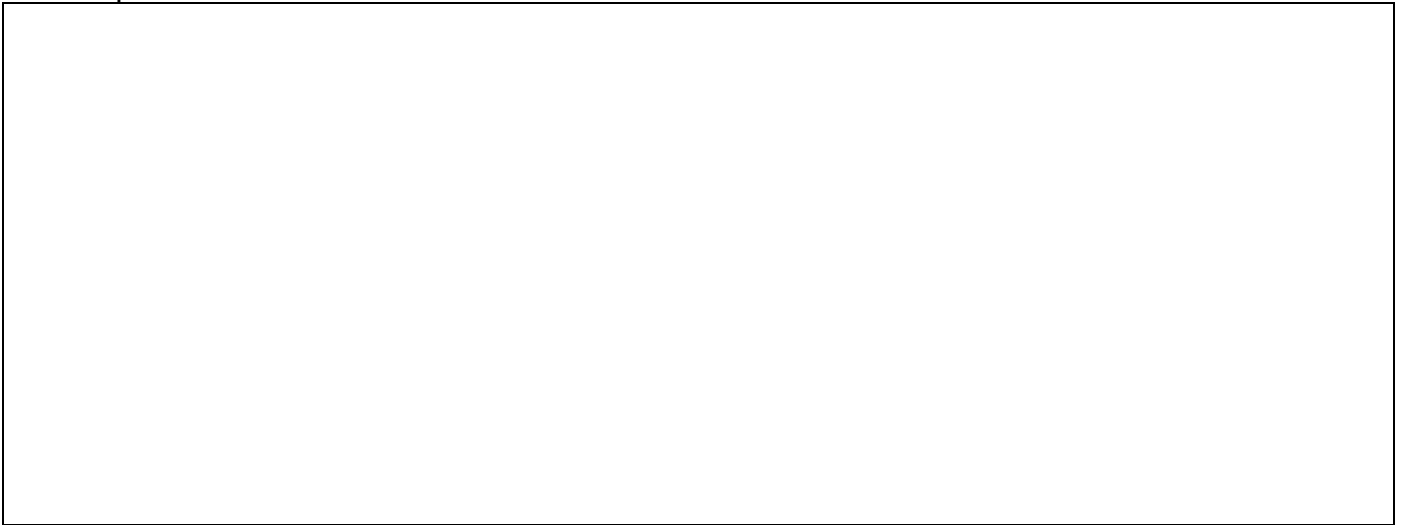


Exercício de aprendizagem:

2) Um indivíduo de massa $m = 80 \text{ kg}$ está de pé sobre uma balança de mola fixa no piso de um elevador. A aceleração da gravidade tem módulo $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine a marcação da balança nos seguintes casos:

- o elevador sobe com movimento uniforme;
- o elevador sobe com movimento acelerado cuja aceleração tem módulo de $3,0 \text{ m/s}^2$;
- o elevador desce com movimento acelerado cuja aceleração tem módulo de $3,0 \text{ m/s}^2$.

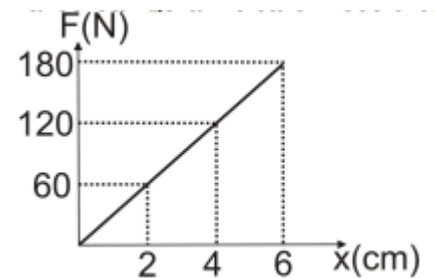
3) Na figura a seguir o peso de uma sombrinha pendurada em um dinamômetro preso ao teto de um elevador é 5,0 N quando o elevador está em repouso. Assim que começa a se movimentar observa-se, durante um pequeno intervalo de tempo, o dinamômetro marca 7,0 N. Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine o módulo, a direção e o sentido da aceleração do elevador nesse intervalo de tempo.



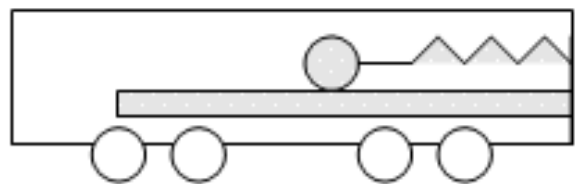
Exercícios de Fixação básicos:

1) Uma mola é pendurada em um teto e nela pendura-se um corpo de massa 10 kg. Sabendo-se que o corpo deslocou a mola em 20 cm de sua posição de equilíbrio, qual a constante elástica da mola?

2) Uma mola é submetida à ação de uma força de tração. O gráfico da figura indica o módulo da força tensora F em função da deformação x . Determine: a) a constante elástica da mola; b) a deformação quando $F = 270 \text{ N}$.

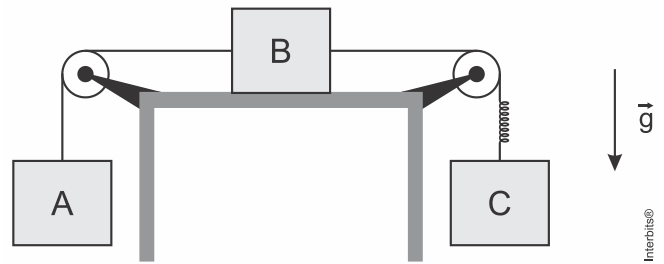


3) Um trem desloca-se em linha reta com aceleração constante de 2 m/s^2 . No interior de um vagão encontra-se uma mesa plana, horizontal, sobre a qual apoia-se uma esfera de aço de massa igual a 0,5 kg presa a uma mola cuja outra extremidade está presa ao vagão. Desprezando-se os atritos, o observador mede 14 cm para o comprimento da mola, cujo comprimento natural (quando o trem estava em repouso) era 10 cm. Determine a constante elástica da mola, em N/m.



Exercícios de Fixação:

1) (ifba) Na montagem experimental ao lado, os blocos A, B e C têm massas $m_A = 2,0$ kg, $m_B = 3,0$ kg e $m_C = 5,0$ kg. Desprezam-se os atritos e a resistência do ar. Os fios e as polias são ideais e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



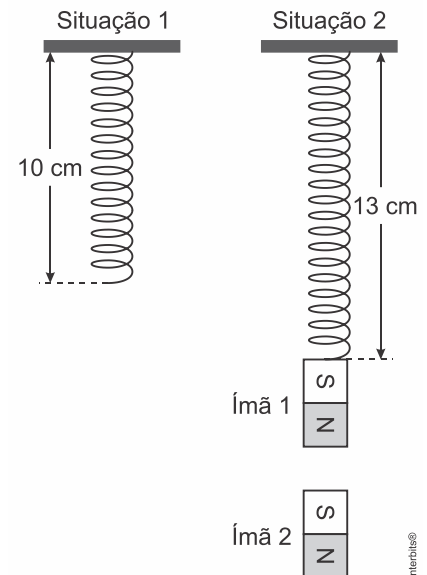
No fio que liga o bloco B com o bloco C, está intercalada uma mola leve de constante elástica $3,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}$. Com o sistema em movimento, a deformação da mola é?

- 2,0 cm
- 1,0 cm
- 1,5 cm
- 2,8 cm
- 4,2 cm

2) (Acafe) Em uma mola fixa no teto (situação 1) prende-se o ímã 1 de massa $0,3$ kg que sofre a ação da força magnética do ímã 2 (situação 2). A mola possui constante elástica igual a 150 N/m e o sistema se mantém em equilíbrio.

Desprezando-se a massa da mola, adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e considerando a massa do ímã 2 o dobro da massa do ímã 1, a alternativa **correta** que indica o módulo da força magnética, em newtons, que o ímã 2 exerce sobre o ímã 1 é:

- 4,5
- 3,0
- 2,5
- 1,5



3) (Uel) Analise as figuras a seguir.

Figura 1

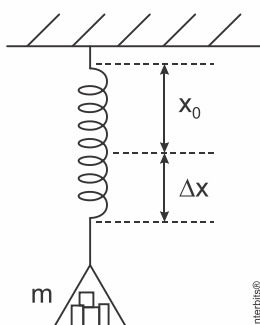
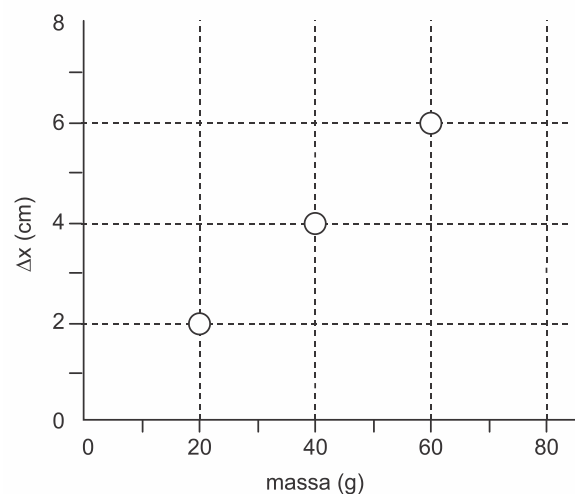


Figura 2



Um astronauta chegou a um planeta desconhecido, e deseja medir a aceleração da gravidade local. Para isso, ele conta com um sistema massa-mola como o da figura 1. Esse sistema foi calibrado na Terra ($g=10\text{ m/s}^2$), e a relação entre a distensão da mola e a massa pendurada em sua extremidade é mostrada no gráfico da figura 2.

Devido à aceleração da gravidade do planeta, quando o astronauta pendurou uma massa de 10 gramas, a mola distendeu 1,5 cm.

A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.

a) Determine a constante elástica da mola na unidade de N/m.

Justifique sua resposta, apresentando os cálculos envolvidos na resolução deste item.

b) Determine a aceleração da gravidade do planeta de destino do astronauta, em m/s^2 .

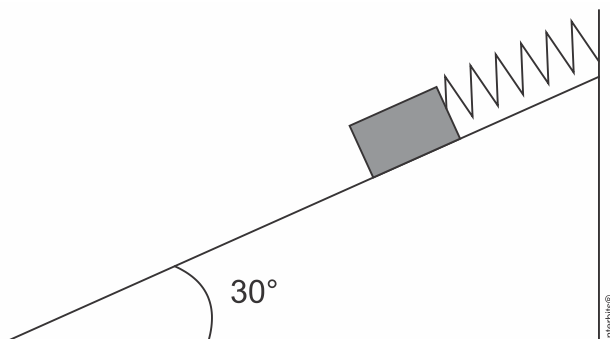
Justifique sua resposta, apresentando os cálculos envolvidos na resolução deste item.

4) (Pucrj) Uma mola, de constante elástica $50,0\text{ N/m}$, tem um comprimento relaxado igual a $10,0\text{ cm}$. Ela é, então, presa a um bloco de massa $0,20\text{ kg}$ e sustentada no alto de uma rampa com uma inclinação de 30° com a horizontal, como mostrado na figura. Não há atrito entre a rampa e o bloco. Nessa situação, qual é o comprimento da mola, em cm?

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

$$\text{sen } 30^\circ = 0,50$$

$$\text{cos } 30^\circ = 0,87$$



- a) 2,0
- b) 3,5
- c) 10,0
- d) 12,0
- e) 13,5

5) (Pucsp) Considere uma mola de comprimento inicial igual a L_0 e um bloco de massa igual a m , conforme a **figura 1**. Com esses dois objetos e mais uma prancha de madeira, constrói-se um sistema mecânico, em que uma das extremidades da mola foi presa a uma das faces do bloco e a outra extremidade presa a um suporte na prancha de madeira, conforme mostra a **figura 2**. O sistema permanece em equilíbrio estático após a mola ter sofrido uma deformação x assim que o bloco foi abandonado sobre a prancha. Sabe-se que o coeficiente de atrito estático entre as superfícies de contato do bloco e da prancha é igual a μ_e . O sistema está inclinado de um ângulo igual a θ em relação ao plano horizontal e o módulo da aceleração da gravidade, no local do experimento, é igual a g . Com base nessas informações, a expressão algébrica que permite determinar o valor da constante elástica k da mola é dada por:

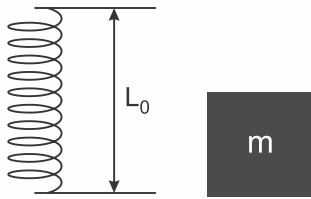


Figura 1

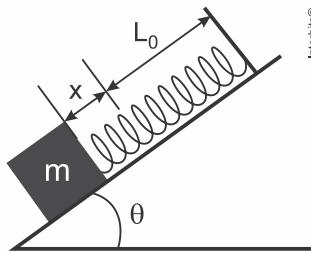
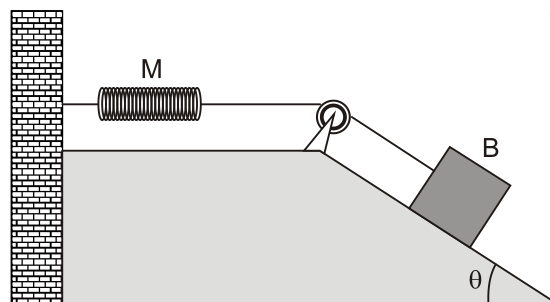


Figura 2

- a) $k = \frac{m \cdot g \cdot (\text{sen}\theta - \mu_e \cdot \text{cos}\theta)}{x}$
 b) $k = \frac{\mu_e \cdot m \cdot g (\text{sen}\theta - \text{cos}\theta)}{x}$
 c) $k = \frac{m \cdot g \cdot \mu_e \cdot x}{(\text{sen}\theta - \text{cos}\theta)}$
 d) $k = \frac{m \cdot g \cdot \text{sen}\theta - \mu_e \cdot \text{cos}\theta}{x}$
 e) $k = \frac{m \cdot g \cdot (\text{cos}\theta - \mu_e \cdot \text{sen}\theta)}{x}$

6) (Mackenzie) Na figura abaixo, a mola M , os fios e a polia possuem inércia desprezível e o coeficiente de atrito estático entre o bloco B , de massa $2,80 \text{ kg}$, e o plano inclinado é $\mu = 0,50$.



O sistema ilustrado se encontra em equilíbrio e representa o instante em que o bloco B está na iminência de entrar em movimento descendente. Sabendo-se que a constante elástica da mola é $k = 350 \text{ N/m}$, nesse instante, a distensão da mola M em relação ao seu comprimento natural é de

Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\text{sen}\theta = 0,80$ e $\text{cos}\theta = 0,60$

- a) $0,40 \text{ cm}$
 b) $0,20 \text{ cm}$
 c) $1,3 \text{ cm}$
 d) $2,0 \text{ cm}$
 e) $4,0 \text{ cm}$

7) (Unesp) Observe a tirinha



Uma garota de 50 kg está em um elevador sobre uma balança calibrada em newtons. O elevador move-se verticalmente, com aceleração para cima na subida e com aceleração para baixo na descida. O módulo da aceleração é constante e igual a 2m/s^2 em ambas situações. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, a diferença, em newtons, entre o peso aparente da garota, indicado na balança, quando o elevador sobe e quando o elevador desce, é igual a

- 50.
- 100.
- 150.
- 200.
- 250.

8) (cftce) Os vídeos que apresentam astronautas executando tarefas no interior de ônibus espaciais orbitando em torno da Terra mostram que os objetos flutuam no ar, parecendo não ter peso. O peso aparente nulo se deve ao fato de o ônibus espacial:

- e os objetos em seu interior estarem caindo juntos para a Terra.
- estar girando sobre si mesmo em alta velocidade.
- ser igualmente atraído para a Lua e para a Terra.
- estar fora da atmosfera da Terra, e, no vácuo, o peso é nulo.
- estar fora da ação da gravidade da Terra.

9) (Udesc) Considere um elevador que, tanto para subir quanto para descer, inicialmente desloca-se com aceleração constante a . Dentro desse elevador encontra-se uma pessoa cujo peso, quando medido em repouso, é $P = mg$.

I - Quando o elevador está subindo, o peso aparente dessa pessoa é.....

II - Quando o elevador está descendo, o peso aparente dessa pessoa é.....

III - Se o cabo de sustentação do elevador for cortado, ele passa a cair em queda livre: nesse caso, o peso aparente da pessoa é.....

Entre as escolhas seguintes, aponte aquela que preenche CORRETAMENTE os espaços em branco anterior, respeitada a ordem das afirmações.

- mg ; mg ; mg
- $m(g + a)$; $m(g - a)$; mg
- $m(g + a)$; $m(g - a)$; zero

- d) $m(g - a)$; $m(g + a)$; mg
- e) $m(g - a)$; $m(g + a)$; zero

10) (Uece) Considere dois instantes no deslocamento de um elevador em viagem de subida: o início (I) imediatamente após a partida, e o final (F) imediatamente antes da parada. Suponha que apenas um cabo de aço é responsável pela sustentação e movimento do elevador.

Desprezando todos os atritos, é correto afirmar que a força exercida pelo cabo na cabine no início (\vec{F}_I) e no final (\vec{F}_F) tem direção e sentido

- a) vertical para cima e vertical para baixo, respectivamente, com $|\vec{F}_I| > |\vec{F}_F|$.
- b) vertical para cima, nos dois casos, e com $|\vec{F}_I| > |\vec{F}_F|$.
- c) vertical para baixo e vertical para cima, respectivamente, com $|\vec{F}_I| > |\vec{F}_F|$.
- d) vertical para baixo, nos dois casos, e com $|\vec{F}_I| < |\vec{F}_F|$.

11) (Pucmg) Um fabricante de elevadores estabelece, por questões de segurança, que a força aplicada nos cabos de aço que sustentam seus elevadores não pode ser superior a $1,2 \times 10^4$ N. Considere um desses elevadores com uma massa total de $1,0 \times 10^3$ kg (massa do elevador com os passageiros) e admita $g = 10 \text{ m/s}^2$. Nessas condições, a aceleração máxima do elevador na subida não pode ser superior a:

- a) $1,2 \text{ m/s}^2$
- b) $2,0 \text{ m/s}^2$
- c) $5,0 \text{ m/s}^2$
- d) $9,8 \text{ m/s}^2$

12) (Pucrs) Imagine a situação de um elevador de massa M que, de maneira simplificada, estaria sujeito somente a duas forças: a tensão produzida pelo cabo que o sustenta T e o peso P . Suponha que o elevador esteja descendo com velocidade que decresce em módulo com o transcorrer do tempo. A respeito dos módulos das forças T , P e F_R (força resultante sobre o elevador), pode-se afirmar que

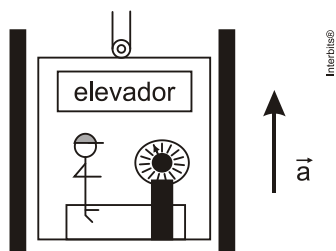
- a) $T = P$ e $F_R = 0$
- b) $T < P$ e $F_R \neq 0$
- c) $T > P$ e $F_R \neq 0$
- d) $T > P$ e $F_R = 0$
- e) $T < P$ e $F_R = 0$

13) (Upf) A queda de um elevador em um prédio no centro de Porto Alegre no final de 2014 reforçou as ações de fiscalização nesses equipamentos, especialmente em relação à superlotação. A partir desse fato, um professor de Física resolve explorar o tema em sala de aula e apresenta aos alunos a seguinte situação: um homem de massa 70 kg está apoiado numa balança calibrada em newtons no interior de um elevador que desce à razão de 2 m/s^2 . Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, pode-se afirmar que a intensidade da força indicada pela balança será, em newtons, de:

- a) 560
- b) 840
- c) 700
- d) 140

e) 480

14) (Espcex (Aman)) Uma pessoa de massa igual a 80 kg está dentro de um elevador sobre uma balança calibrada que indica o peso em newtons, conforme desenho abaixo. Quando o elevador está acelerado para cima com uma aceleração constante de intensidade $a=2,0\text{ m/s}^2$, a pessoa observa que a balança indica o valor de



desenho ilustrativo-fora de escala

Dado: intensidade da aceleração da gravidade $g=10\text{ m/s}^2$

- a) 160 N
- b) 640 N
- c) 800 N
- d) 960 N
- e) 1600 N

15) (Espcex (Aman)) Um elevador possui massa de 1500 kg. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , a tração no cabo do elevador, quando ele sobe vazio, com uma aceleração de 3 m/s^2 , é de:

- a) 4500 N
- b) 6000 N
- c) 15500 N
- d) 17000 N
- e) 19500 N

Respostas:

Exercícios de aprendizagem:

- 1) $x = 5 \text{ cm}$ 2) a) 800 N b) 1040 N c) 560 N
 3) $a = 4 \text{ m/s}^2$ (direção vertical e sentido para cima)

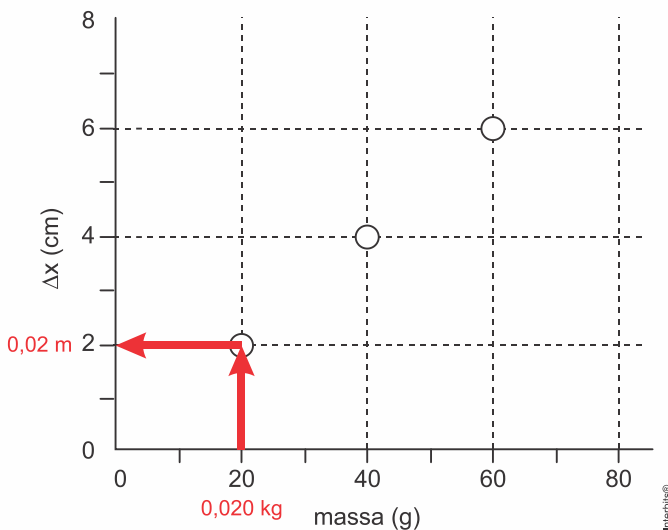
Exercícios de Fixação básicos: 1) $k = 500 \text{ N/m}$ 2) $K = 30 \text{ N/cm}$ e $x = 9 \text{ cm}$ 3) $k = 25 \text{ N/m}$

Exercícios de Fixação:

- 1) b 2) d

3) a) O sistema massa-mola em equilíbrio na vertical se caracteriza pela igualdade entre a força elástica e o peso. Assim, usando os valores apontados no gráfico, calculamos a constante da mola.

Figura 2



$$F_e = P \xrightarrow{\text{Lei de Hooke}} F_e = k \cdot \Delta x = m \cdot g \Rightarrow k = \frac{m \cdot g}{\Delta x} \Rightarrow k = \frac{0,020 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{0,02 \text{ m}} \therefore$$

$$\therefore k = 10 \text{ N/m}$$

b) Para determinar a aceleração da gravidade do planeta (g_x), usando a mesma mola testada na Terra, utilizando a mesma equação de igualdade entre a força elástica e o peso, temos:

$$F_e = P \Rightarrow k \cdot \Delta x = m \cdot g_x \Rightarrow g_x = \frac{k \cdot \Delta x}{m} \Rightarrow g_x = \frac{10 \text{ N/m} \cdot 0,015 \text{ m}}{0,010 \text{ kg}} \therefore$$

$$\therefore g_x = 15 \text{ m/s}^2$$

4)

$$F_{\text{mola}} = m \cdot g \cdot \text{sen}30$$

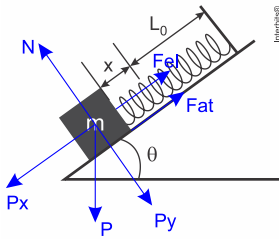
$$F_{\text{mola}} = k \cdot \Delta x$$

$$m \cdot g \cdot \text{sen}30 = k \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{m \cdot g \cdot \text{sen}30}{k} \Rightarrow \Delta x = \frac{0,2 \cdot 10 \cdot 0,5}{50} \Rightarrow \Delta x = 2,0 \text{ cm}$$

Logo, o comprimento da mola será: $10 + 2 = 12 \text{ cm}$. **Resposta: d**

5) Analisando as forças envolvidas, temos que:



Onde,

$$\begin{cases} P_x = P \cdot \text{sen}(\theta) \\ P_y = P \cdot \text{cos}(\theta) \end{cases}$$

Para o equilíbrio estático,

$$F_{el} + F_{at} = P \cdot \text{sen}(\theta)$$

$$k \cdot x + N \cdot \mu_e = m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta)$$

$$k \cdot x + (m \cdot g \cdot \text{cos}(\theta)) \cdot \mu_e = m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta)$$

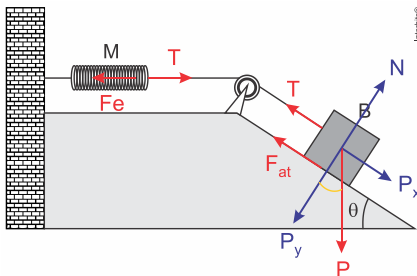
$$k = \frac{m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) - m \cdot g \cdot \text{cos}(\theta) \cdot \mu_e}{x}$$

$$k = \frac{m \cdot g \cdot (\text{sen}(\theta) - \mu_e \cdot \text{cos}(\theta))}{x}$$

Resposta: a

6) e

Para o corpo B representado na figura, aplicamos a 2ª lei de Newton:



Como o sistema está em equilíbrio estático, a força resultante é nula.

$$P_x - T - F_{at} = 0 \quad (1)$$

E ainda:

$$P_x = P_B \cdot \text{sen} \theta \Rightarrow P_x = m_B \cdot g \cdot \text{sen} \theta$$

$$F_{at} = \mu \cdot N_B = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m_B \cdot g \cdot \text{cos} \theta$$

$$T = F_e = k \cdot x$$

Substituindo essas equações em (1):

$$m_B \cdot g \cdot \text{sen} \theta - k \cdot x - \mu \cdot m_B \cdot g \cdot \text{cos} \theta = 0$$

Isolando a deformação na mola

$$x = \frac{m_B \cdot g}{k} \cdot (\text{sen} \theta - \mu \cdot \text{cos} \theta)$$

$$x = \frac{2,8 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{350 \text{ N/m}} \cdot (0,8 - 0,5 \cdot 0,6) \therefore x = 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

7) d 8) a 9) c 10) b 11) b 12) c 13) a 14) d 15) e