

É correto o contido apenas em

- ▶ a) I. I. Correta. As forças que constituem um par ação e reação apresentam mesma intensidade, direção e sentidos opostos. Apesar disso, não admitem resultante, pois estão aplicadas a corpos distintos.
- b) I e III. II. Incorreta. As forças que constituem um par ação e reação sempre apresentam mesma intensidade, apesar de poderem apresentar diferentes efeitos, por estarem aplicadas a corpos diferentes.
- c) I e IV. III. Incorreta. As forças que constituem um par ação e reação sempre acontecem simultaneamente.
- d) II e IV. IV. Incorreta. As forças que constituem um par ação e reação são devido a uma única dupla de corpos. A reação à força aplicada pela bola no rosto é a força aplicada pelo rosto na bola.
- e) II, III e IV.

- 2** Existe um tipo de caminhonete que possui tração nas suas quatro rodas conhecida como 4×4 . A figura abaixo ilustra uma caminhonete desse tipo, puxando um reboque com barco acoplado e se encontra sobre plano horizontal. Em um certo instante, inicia, a partir do repouso, um movimento acelerado para a direita.

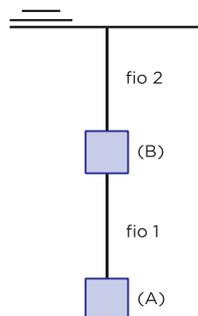


Professor, caso queira realizar um aprofundamento, justifique os sentidos dos atritos aplicados no carro e no reboque. No fundo, você vai explicar atrito em roda livre e tracionada.

Na análise desse movimento, algumas forças são particularmente importantes: os atritos trocados entre o apoio e os veículos (veja figura acima) e a tração trocada entre eles. A aplicação dessas forças ocorre de tal forma que:

- a) O atrito aplicado na caminhonete é sempre contrário ao movimento, logo, de acordo com a figura, apresenta sentido para a esquerda.
- b) O atrito aplicado na caminhonete e o atrito aplicado no reboque são forças de mesma natureza, logo, constituem um par ação e reação.
- c) O atrito e a tração aplicados na caminhonete estão aplicados no mesmo corpo, logo, constituem um par ação e reação.
- d) A tração aplicada no reboque e a tração aplicada na caminhonete apresentam mesma intensidade, direção e sentidos opostos. Logo, sua resultante é zero, o que impossibilita o início do movimento.
- ▶ e) A condição para que o conjunto acelere para a direita é que o atrito trocado entre a caminhonete e o chão seja mais intenso que o atrito trocado entre o reboque e o chão.
 - a) Incorreta. O atrito pode ser a favor do movimento, no entanto, o atrito sempre é contrário à tendência de deslizamento.
 - b) Incorreta. As forças que constituem um par ação e reação são devido a uma única dupla de corpos. As reações ao atrito aplicado pelo apoio na caminhonete e no reboque estão aplicadas no apoio.
 - c) Incorreta. As forças que constituem um par ação e reação sempre estão aplicadas a corpos distintos.
 - d) Incorreta. A resultante é calculada apenas para forças aplicadas no mesmo corpo.
 - e) Correta. Para que o conjunto (caminhonete, reboque e barco) inicie o movimento, sua resultante deve ser diferente de zero.

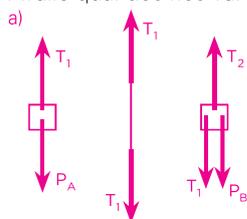
- 3 Um móvel é composto de dois corpos A e B, cujos pesos aplicados pela Terra são 0,6 N e 0,4 N, respectivamente, presos por fios de massa desprezível (ideais) conforme indica a figura a seguir.



O fabricante, querendo reduzir custos de fabricação, comprou fios finos, que suportam no máximo forças de 0,8 N. Admita que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg e que o conjunto esteja em equilíbrio (a resultante em todos os corpos é zero). Há diversas forças associadas aos corpos que constituem esse sistema.

Pede-se:

- Assinale as forças aplicadas nos corpos A e B e suas respectivas reações.
- Avalie qual dos fios vai arrebentar.



- b) Corpo A: $T_1 = P_A = 0,6 \text{ N}$
 Corpo B: $T_2 = T_1 + P_B = 0,6 + 0,4 = 1,0 \text{ N}$
 Assim, o fio 2 vai arrebentar, pois $T_2 \geq T_{\text{máxima}}$

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 1 a 4 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

- Leia os itens 1.1 e 1.2 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.

- Faça as questões 5 a 7 e 9 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

- Faça as questões 10 e 11 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.

RETOMAR E PROSEGUIR

Na próxima aula, vamos estudar o princípio da inércia e, para isso, é importante retomar alguns conceitos sobre velocidade vetorial. Acesse nosso vídeo para relembrar o assunto.

Texto para as questões 1 e 2

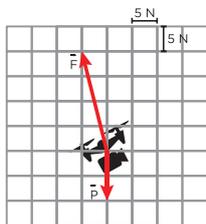
Quando estamos dentro de um ônibus devemos ficar atentos para os momentos em que a velocidade vetorial do veículo varia.



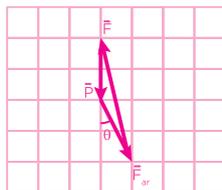
Imagine que você esteja em pé dentro de um ônibus que se movimenta em linha reta com velocidade escalar constante.

- 1** Considere que em certo momento o ônibus freia em linha reta. Muitas pessoas relatam que elas têm a impressão de estar sendo “jogadas” para a frente. Analise essa sensação sob a luz do princípio da inércia.
- Estamos de fato sendo jogados, pois nossas sensações evidenciam que há uma força nos empurrando.
 - Estamos de fato sendo jogados, de acordo com o princípio da inércia.
 - ▶ Não estamos sendo jogados, pois não há nenhuma força aplicada no passageiro a favor do movimento.
 - De acordo com o princípio da inércia tendemos a permanecer em repouso em relação ao ônibus.
 - Incorreta. Não há nenhuma força aplicada no passageiro a favor do movimento.
 - Incorreta. De acordo com o princípio da inércia não estamos sendo jogados.
 - Correta.
 - Incorreta. De acordo com o princípio da inércia um corpo em repouso tende a permanecer em repouso em relação à Terra.
- 2** Imagine que em certo momento o ônibus entra em uma curva, executando movimento circular e uniforme. Assinale a afirmação correta:
- O passageiro é jogado para fora da curva pela força centrífuga.
 - ▶ O passageiro tende a permanecer em MRU, tendendo a “sair pela tangente”.
 - De acordo com o princípio da inércia, o passageiro tende a executar curva junto do ônibus.
 - Não é necessário força para que o passageiro permaneça junto do ônibus.
 - Incorreta. Não há nenhuma força aplicada no corpo que o joga para fora da curva.
 - Correta. De acordo com o princípio da inércia um corpo em movimento tende a permanecer em MRU.
 - Incorreta. De acordo com o princípio da inércia um corpo em movimento tende a permanecer em MRU.
 - Incorreta. Para que o corpo permaneça junto do ônibus, ou seja, execute MCU, sua resultante necessariamente é diferente de zero. Para que isso ocorra, nele deve ser aplicada pelo menos uma força.

Considere um *drone* se movimentando em linha reta sem alterar sua rapidez. Sua velocidade vetorial apresenta componente vertical para cima e componente horizontal no sentido de se afastar do seu operador.



- 3** Quais são as características da resultante das forças no *drone*?
- É diferente de zero e na mesma direção e sentido da velocidade vetorial.
 - É diferente de zero, pois as forças aplicadas não apresentam mesma intensidade.
 - É zero apenas quando o *drone* se movimenta na direção horizontal.
 - É zero, independentemente da direção do seu movimento.
 - É mais intensa que a velocidade vetorial quando ele atinge a maior velocidade possível.
- Como o *drone* se movimenta em MRU, sua resultante necessariamente é zero.
- 4** Quais as características da força de resistência do ar?
- Zero.
 - Sua intensidade é 5 N, direção horizontal e sentido para a direita.
 - Sua intensidade é 10 N, direção vertical e sentido para baixo.
 - Sua intensidade é $5\sqrt{5}$ N, direção que forma ângulo $\arctg 0,5$ em relação à direção vertical e sentido para baixo.
- Como a resultante no *drone* é zero, podemos assim representar a linha poligonal que relaciona as forças aplicadas no corpo:



Dessa maneira, vemos que as alternativas **a**, **b** e **c** são incorretas. A intensidade da força de resistência do ar (F_{ar}) pode assim ser obtida:

$$F_{ar}^2 = 5^2 + 10^2 \therefore F_{ar} = 5\sqrt{5} \text{ N}$$

Cálculo do ângulo θ :

$$\text{tg } \theta = \frac{5}{10} = 0,5 \therefore \theta = \arctg 0,5$$

Isso mostra que a alternativa **d** está correta.

Observação: Mais uma vez, estamos treinando operações com vetores. Caso deseje, você também pode fazer a decomposição.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 17 a 21 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

- Leia o item 2 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

- Faça as questões 22 e 24 a 26 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

- Faça as questões 27 e 29 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

RETOMAR E PROSEGUIR

Na próxima aula, vamos estudar massa, peso e a força elástica e, para isso, é importante retomar alguns conceitos sobre proporcionalidade. Acesse nosso vídeo para relembrar o assunto.

Texto para as questões 1 e 2

Normalmente, para medir a massa de um corpo e o peso nele aplicado as medidas são feitas de maneira direta, ou seja, com o experimentador lendo o instrumento utilizado. Outras grandezas como, por exemplo, o campo gravitacional, são medidas indiretamente. Nesse processo, depois da leitura dos instrumentos, ainda há aplicação desses resultados em alguma relação matemática para descobrir a sua magnitude.

- 1** Uma pessoa curiosa resolveu executar diversas medidas. Em um certo local, ao nível do mar, ela pegou dois aparelhos eletrônicos e mediu, de maneira direta, a massa de ambos e o peso aplicado em um deles.

	Massa (kg)	Peso (N)
Tablet	0,677	6,77
Celular	0,177	

Quais as características das grandezas que se pode obter a partir dos dados fornecidos?

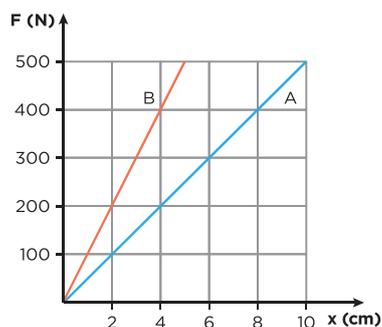
- a) A medida do campo gravitacional é 10 (N/kg) e não depende de qual corpo estamos estudando, apenas do local que está sendo analisado.
- b) A medida do campo gravitacional é 10 (N/kg) e depende da massa do corpo que está sendo analisado.
- c) A medida do peso aplicado no celular é desconhecida, pois não temos informações necessárias para obtê-la, direta ou indiretamente.
- d) A medida do peso aplicado no celular é 1,77 N; esse valor pode ser obtido utilizando-se o campo gravitacional, que é 9 (N/kg).
- a) Correta.
- b) Incorreta. O campo gravitacional não depende da massa do corpo que está sendo estudado.
- c) Incorreta. A partir do peso aplicado no *tablet* e de sua massa, podemos determinar, de forma indireta, a medida do campo gravitacional no local da experiência. Como o celular se encontra no mesmo local, o campo é o mesmo. Assim:
- $$P_{\text{celular}} = m_{\text{celular}} \cdot g_{\text{nível do mar}} = 0,177 \text{ kg} \cdot 10 \text{ (N/kg)} = 1,77 \text{ N}$$
- d) Incorreta. O celular está no mesmo local do *tablet*, logo, o campo gravitacional é 10 N/kg.
- Observação: A intenção é reforçar o conhecimento de que campo gravitacional depende apenas do local e peso depende do corpo e do local.

- 2** Com base nos seus conhecimentos de Física, uma pessoa curiosa conseguiu determinar a intensidade do campo gravitacional em uma altura igual a 350 km, que é de 9 (N/kg). A partir dos dados da tabela anterior e da nova medida do campo gravitacional, quais as características das grandezas que se pode obter quando os corpos estão a uma altura de 350 km?
- a) A medida da massa do celular deixa de ser 0,177 kg, pois ela depende do local em que o corpo se encontra.
- b) O peso aplicado no *tablet* continua sendo 6,77 N, pois tal grandeza é uma propriedade do corpo.
- c) A intensidade do peso aplicado no celular é 1,593 N, que é diferente da sua medida ao nível do mar, pois o peso aplicado em um corpo depende, além do próprio corpo, do local em que ele se encontra.
- d) A intensidade de 9 (N/kg) obtida pela pessoa curiosa está associada apenas ao celular, pois o campo gravitacional depende do corpo que está sendo estudado.
- a) Incorreta. Massa é uma propriedade do corpo, não depende do local em que ele se encontra.
- b) Incorreta. Peso é a força que um astro aplica no corpo; ela depende do astro, do corpo e da distância entre eles, ou seja, depende do local em que o corpo se encontra.
- c) Correta.
- d) Incorreta. O campo gravitacional não depende do corpo, apenas do local analisado.
- Observação: A intenção é reforçar o conhecimento de que a massa depende apenas do corpo.

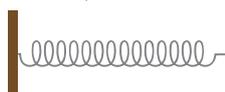
O texto e o gráfico a seguir referem-se às questões

3 a 5

Duas molas ideais A e B têm uma extremidade fixa na parede e a outra livre. Forças de diferentes intensidades são aplicadas na extremidade livre. Para cada valor de força, elas apresentam diferentes deformações. A partir da intensidade das forças F aplicadas e das deformações x medidas, foi construído o seguinte gráfico:



3 No esquema a seguir, assinale as forças aplicadas na mola A, indicando suas intensidades no caso de a mola ser esticada com deformação de 4 cm:

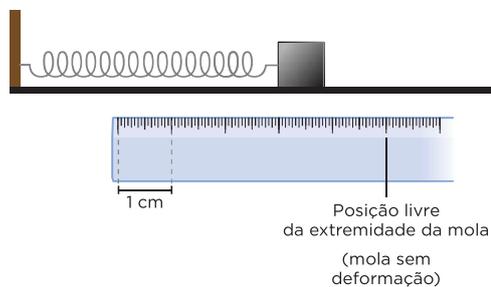


Como a deformação mede 4 cm, a força elástica aplicada em cada extremidade da mola é 200 N.



Observação: a principal meta é treinar a habilidade de assinalar as forças em uma mola.

4 Um arranjo experimental foi construído com a mola B. Uma de suas extremidades foi presa a um corpo e a outra, fixa na parede. O corpo se encontra apoiado sobre uma superfície plana e lisa e posto a oscilar.



No instante analisado, a mola se encontra comprimida e o corpo está se movimentando para a esquerda. Assinale as forças aplicadas na mola e no corpo na direção horizontal, indicando suas intensidades, direções e sentidos.

Como a deformação é 2 cm, a força elástica aplicada em cada extremidade da mola e a força aplicada no bloco é 200 N. Independentemente do sentido do movimento, molas comprimidas empurram os corpos.



Professor, o principal objetivo deste exercício é desenvolver a habilidade de traçar as forças em uma mola e nos corpos aos quais ela está ligada. A sugestão é que sejam indicadas as forças no corpo e depois na mola.

5 A partir do gráfico são feitas as seguintes afirmações:

- I. Para a mesma intensidade de força aplicada nas molas, a mola B apresenta maior deformação.
- II. A constante elástica da mola B é maior que a da mola A.
- III. Caso as duas molas sejam utilizadas para construir dinamômetros, que serão utilizados para medir a intensidade do peso aplicado em um dado corpo, suas medidas serão diferentes.

São corretas:

- a) Apenas I.
- ▶ b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) I e III.
- e) II e III.

I. Incorreta. Para mesma intensidade de força elástica, a mola A apresenta maior deformação.

II. Correta. Quanto maior a inclinação da reta, maior é a constante elástica.

III. Incorreta. Como a força aplicada no dinamômetro é a mesma, a indicação do dinamômetro também será a mesma.

Observação: A deformação das molas será diferente; entretanto, as escalas são adaptadas para que a indicação da intensidade da força seja a mesma.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 30 a 33 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

- Leia os itens 2.1 e 2.2 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.
- Leia os itens 1.3 a 1.5 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

- Leia o item 2.3 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

- Faça as questões 34 a 38 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

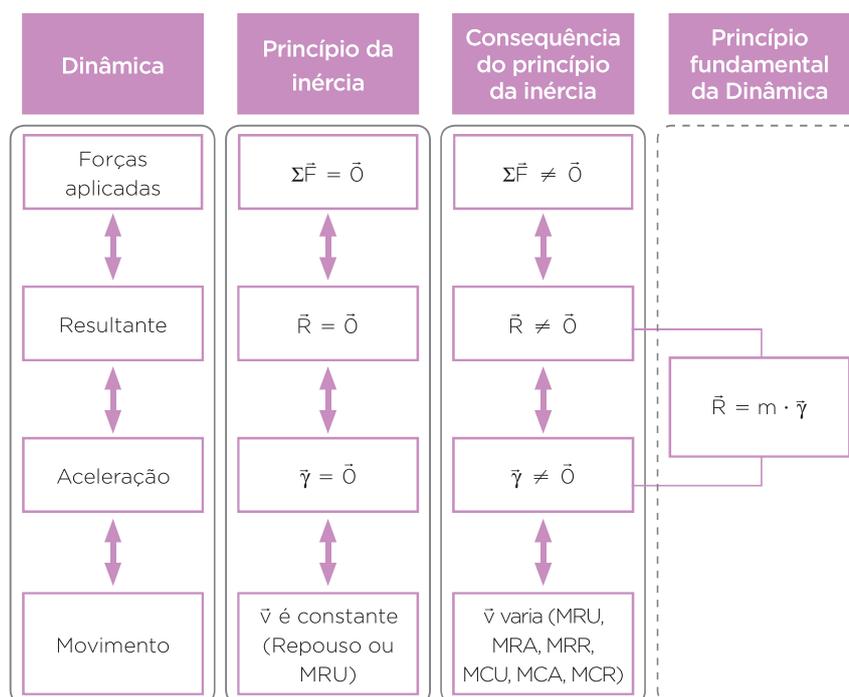
Tarefa Desafio

- Faça as questões 39 e 40 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Princípio fundamental da Dinâmica: apresentação e discussões

HABILIDADE TRABALHADA **H20**

NESTA AULA



EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

Vamos analisar uma série de movimentos:

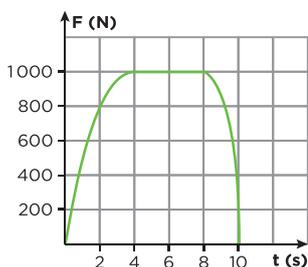
- I. Navio em cruzeiro (navegando em linha reta para a direita e sem alterar a intensidade da velocidade vetorial).
- II. Lancha partindo do porto no qual estava ancorada.
- III. Avião pousando em uma pista retilínea.
- IV. Satélite em órbita circular (a velocidade escalar não varia).
- V. Ponto que pertence a um disco acoplado a um motor, segundos antes de atingir a rotação máxima.
- VI. Automóvel executando curva no sentido horário e freando.

Para cada um dos movimentos e utilizando a tabela da página a seguir, pede-se:

- a) Classifique cada um dos movimentos em retilíneo ou curvilíneo, uniforme, acelerado ou retardado.
- b) No esquema que o representa, indique a direção e o sentido da velocidade vetorial, aceleração vetorial e resultante.
- c) Informe o ângulo formado entre a resultante e a velocidade, dizendo se ele é zero, noventa graus, cento e oitenta graus, agudo ou obtuso.

Texto para as questões 1 e 2

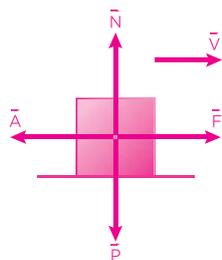
Um bloco de 50 kg escorrega sobre um plano horizontal, em trajetória retilínea, para a direita. Durante todo o movimento há uma força de atrito, de intensidade 900 N, supostamente constante, na mesma direção e sentido contrário ao da força F. Sabe-se que no instante $t = 4$ s, a velocidade vetorial instantânea do corpo é horizontal, para a direita, e de intensidade $v = 20$ m/s. No corpo também está sendo aplicada uma força, na mesma direção e sentido da velocidade vetorial, cuja intensidade varia em função do gráfico a seguir:



1 Quanto vale a aceleração vetorial instantânea no instante $t = 2$ s?

- a) Zero
- b) 1 m/s^2
- ▶ c) 2 m/s^2
- d) 3 m/s^2
- e) 4 m/s^2

Representando esquematicamente a situação descrita e assinalando as forças no corpo:



A intensidade da força de atrito é 900 N durante todo o movimento. No instante $t = 2$ s, a intensidade de F é 800 N. Logo, podemos assim determinar a resultante:
 $R = A - F = 900 - 800 = 100 \text{ N}$
 Utilizando o princípio fundamental da Dinâmica:

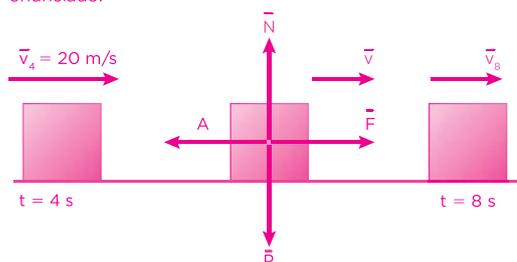
$$R = m \cdot |a| \Rightarrow 100 = 50 \cdot |a| \therefore |a| = 2 \text{ m/s}^2$$

Observação: Sugerimos dizer que a aceleração é variável, logo, que não podemos utilizar as equações do MUV nessa situação.

2 Qual a intensidade da velocidade vetorial instantânea do corpo no instante $t = 8$ s?

- a) 20 m/s
- b) 24 m/s
- ▶ c) 28 m/s
- d) 32 m/s
- e) 40 m/s

Representando esquematicamente a situação descrita no enunciado.



Entre 4 s e 8 s, a intensidade da força F é constante e vale 1000 N. Como a intensidade do atrito é 900 N, podemos obter a resultante:

$$R = F - A = 1000 - 900 = 100 \text{ N}$$

Utilizando o princípio fundamental da Dinâmica:

$$R = m \cdot |a| \Rightarrow 100 = 50 \cdot |a| \therefore |a| = 2 \text{ m/s}^2$$

Sendo a aceleração constante, temos:

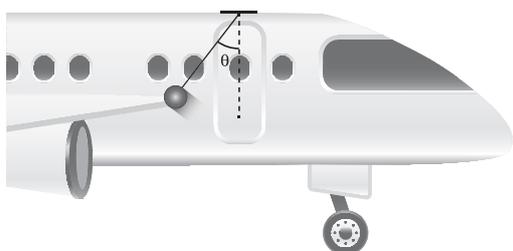
$$v_8 = v_4 + a \cdot t$$

Como $F > A$, a resultante e, consequentemente, a aceleração vão apresentar direção horizontal e sentido para a direita. Assim, sabendo que a velocidade também é para a direita, concluímos que o movimento será retilíneo e acelerado. Portanto, $a > 0$.

$$v_8 = 20 + 2 \cdot 4 \therefore v_8 = 28 \text{ m/s}$$

Observação: Além de treinar a análise da dinâmica desse movimento, este exercício exige que o aluno busque conceitos e habilidades da Cinemática escalar. Sugerimos deixar isso claro ao aluno.

- 3** Durante a decolagem de um avião, um indivíduo curioso resolveu levar um pêndulo e segurá-lo, como se ele estivesse fixo no teto. Ele percebeu que, enquanto a aceleração do avião era constante, o ângulo entre o fio e a direção vertical não mudava, ou seja, o pêndulo permanecia em repouso em relação ao avião.



Note e adote:

- $\theta = 25^\circ$
- $\text{sen } 25^\circ = 0,42$
- $\text{cos } 25^\circ = 0,9$
- $\text{tg } 25^\circ = 0,47$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$
- Massa do pêndulo = 200 g

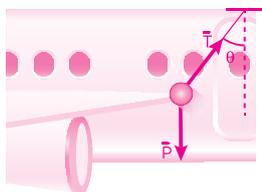
Pede-se:

- a) Informe a direção e o sentido da velocidade vetorial instantânea e classifique o movimento do avião em função da variação da intensidade (uniforme, acelerado ou retardado) e da sua direção (retilíneo ou curvilíneo) da velocidade vetorial.

Como o avião está decolando, seu movimento é retilíneo e acelerado, e sua velocidade é para a frente.

- b) Assinale as forças no pêndulo.

As forças aplicadas no pêndulo podem assim ser representadas:



- c) Indique a direção e o sentido da aceleração vetorial.

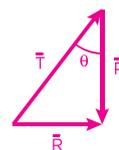
Como a velocidade é para a direita e o corpo executa MRA, concluímos que a aceleração vetorial coincide com a tangencial e apresenta mesma direção e mesmo sentido da velocidade. Portanto, a aceleração será horizontal e para a direita.

- d) Indique a direção e o sentido da resultante.

De acordo com o princípio fundamental da Dinâmica, a resultante e a aceleração sempre apresentam mesma direção e mesmo sentido. Assim sendo, a resultante será horizontal e para a direita.

- e) Calcule a intensidade da tração.

Para relacionar as forças e a resultante será necessário utilizar algum método vetorial, pois as forças e a resultante apresentam diferentes direções.



$$\frac{P}{T} = \cos 25^\circ \Rightarrow T = \frac{2}{0,9} \approx 2,22 \text{ N}$$

- f) Calcule a intensidade da aceleração.

A partir da figura anterior, podemos assim determinar a intensidade da resultante:

$$\frac{R}{P} = \text{tg } 25^\circ \Rightarrow R = 0,94 \text{ N}$$

Utilizando o princípio fundamental da Dinâmica:

$$R = m \cdot |a| \Rightarrow 0,94 = 0,2 \cdot |a| \therefore |a| = 4,7 \text{ m/s}^2$$

- g) O comprimento mínimo que uma pista de decolagem deve ter para receber um avião como esse é de 2 km, e a mínima velocidade para que ele decole é de cerca de 80 m/s. Caso o avião estudado esteja decolando em uma pista de comprimento mínimo, ele vai conseguir decolar? Justifique.

Como a aceleração é constante:

$$80^2 = 0^2 + 2 \cdot 4,65 \cdot d \therefore d \approx 688,17 \text{ m}$$

Logo, o avião consegue levantar voo em uma pista de comprimento mínimo.

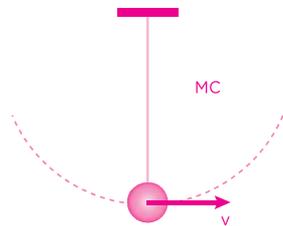
Observação: caso opte por fazer a decomposição, deixe claro como foi feita a escolha dos eixos. Desenvolver essa habilidade será muito útil a partir de agora.

4 Um pêndulo é composto de uma esfera metálica de massa 50 g, presa a um fio ideal (massa desprezível) de comprimento 50 cm e fixa em um suporte. A intensidade do campo gravitacional local é 10 N/kg.

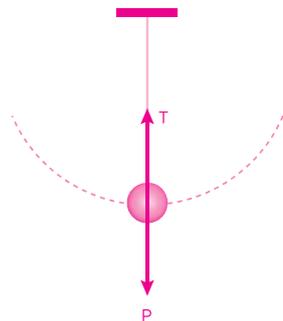
O pêndulo é colocado para oscilar de tal forma que, ao passar pelo ponto mais baixo, sua velocidade é 2 m/s. Desprezando a resistência do ar, qual é a intensidade da sua tração quando ele passa pelo ponto mais baixo da trajetória?

- a) 0,1 N
- b) 0,3 N
- c) 0,4 N
- d) 0,5 N
- ▶ e) 0,9 N

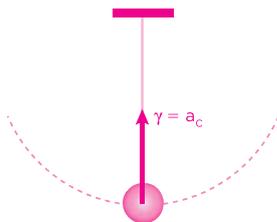
No ponto mais baixo da trajetória podemos classificar o movimento como circular. Entretanto, não é possível classificar o movimento em acelerado, retardado ou uniforme. Isso ocorre porque não temos como dizer se o ponto mais baixo faz parte da subida ou da descida.



As forças aplicadas são:

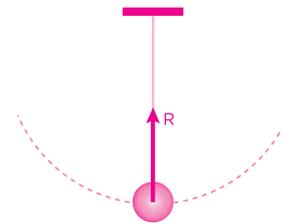


Como o corpo executa movimento circular e sua velocidade é diferente de zero, há aceleração centrípeta, que é vertical e para cima. Como não classificamos o movimento em acelerado, retardado ou uniforme, temos que caracterizar a aceleração tangencial de outra forma. Observando as forças, vemos que ambas são na direção vertical. Isso nos permite concluir que a resultante e, conseqüentemente, a aceleração apresentam apenas componente vertical. Assim sendo, não pode haver componente tangencial da aceleração, pois isso acarretaria haver componente horizontal dessa aceleração. Portanto, podemos assim representar a aceleração vetorial no corpo:



AlexVid/Shutterstock

Como a resultante e a aceleração apresentam mesma direção e sentido:



Relacionando as forças e a resultante:

$$T - P = m \cdot a_c$$

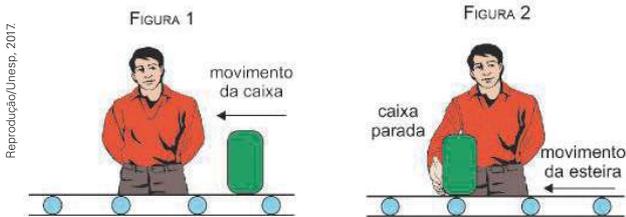
$$T = 0,05 \cdot 10 + \frac{0,05 \cdot 2^2}{0,5}$$

$$T = 0,9 \text{ N}$$

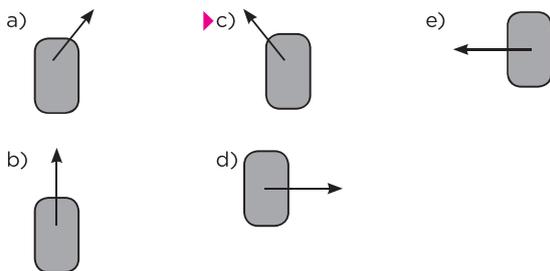
Observação: Até agora, em todos os exercícios resolvidos, a análise dinâmica foi feita "linearmente", sempre na mesma ordem de estudos. Primeiro marcamos as forças, depois classificamos o movimento, indicamos a aceleração e a resultante. Na situação analisada não há como classificar o movimento quando há variação da intensidade da velocidade vetorial. Portanto, não há como saber as características da aceleração tangencial a partir dessa classificação citada. A resposta de como é a aceleração tangencial veio da marcação das forças. Por serem ambas verticais, a resultante é vertical; logo, a aceleração é vertical, o que impossibilita haver aceleração tangencial. Isso não ocorre sempre, mas é bom estarmos atentos, pois a análise das características da dinâmica de um movimento não tem uma ordem e um roteiro prévio definidos.

EM CLASSE **DESENVOLVENDO HABILIDADES**

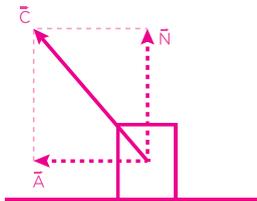
1 (Unesp-SP) Na linha de produção de uma fábrica, uma esteira rolante movimenta-se no sentido indicado na figura 1, e com velocidade constante, transportando caixas de um setor a outro. Para fazer uma inspeção, um funcionário detém uma das caixas, mantendo-a parada diante de si por alguns segundos, mas ainda apoiada na esteira que continua rolando, conforme a figura 2.



No intervalo de tempo em que a esteira continua rolando com velocidade constante e a caixa é mantida parada em relação ao funcionário (figura 2), a resultante das forças aplicadas pela esteira sobre a caixa está corretamente representada na alternativa



A resultante das forças aplicadas pela esteira sobre a caixa corresponde à força de contato (\vec{C}) entre esteira e caixa. Podemos representar a situação da seguinte forma:



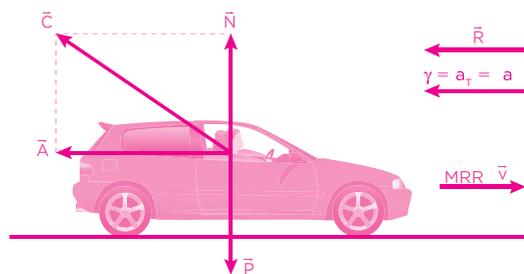
Normal (\vec{N}): perpendicular ao apoio e contra a penetração.

Atrito (\vec{A}): paralelo ao apoio e contra o escorregamento.

2 Um carro, de massa 1 t, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade 30 m/s quando é obrigado a frear bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o carro parar, em um intervalo de tempo de 6 s. Como estava um dia sem chuva, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg, pede-se:

- Em um esquema, assinale as forças no carro.
- Indique a velocidade vetorial instantânea e classifique o movimento do carro.
- Indique a direção e o sentido da aceleração vetorial.
- Indique a direção e o sentido da resultante.
- Avalie se nessa situação os pneus vão ou não escorregar contra o asfalto. Justifique.

f) Calcule a intensidade do atrito entre os pneus e o chão.
 a) A figura a seguir representa as forças aplicadas no carro, a velocidade vetorial e a classificação do movimento:



- Ver resposta do item a.
- Como o movimento é retilíneo e retardado, há apenas aceleração tangencial e em sentido oposto ao da velocidade vetorial, ou seja, horizontal e para a esquerda.
- De acordo com o princípio fundamental da Dinâmica, a resultante e a aceleração sempre apresentam mesma direção e mesmo sentido, que é horizontal e para a esquerda.
- Como a resultante é horizontal e o atrito é a única componente nessa direção, temos que: $A_e = R = m \cdot |a|$ (I)

A condição para não haver escorregamento é:

$$A_e \leq \mu_e \cdot N \quad \text{(II)}$$

Substituindo I em II:

$$m \cdot |a| \leq \mu_e \cdot m \cdot g \Rightarrow |a| \leq \mu_e \cdot g$$

$$|a| \leq 1 \cdot 10 \therefore |a| \leq 10 \text{ m/s}^2$$

Como o atrito é constante, a aceleração também será constante. Logo:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{(0 - 30)}{6} = -5 \text{ m/s}^2 \therefore |a| = 5 \text{ m/s}^2 \quad \text{(III)}$$

Como a aceleração para o corpo parar está dentro dos possíveis valores de aceleração para que não ocorra escorregamento, podemos concluir que o carro não escorrega.

f) Substituindo III em I:

$$A = R = m \cdot |a| = 1000 \cdot 5 \therefore A_e = 5000 \text{ N}$$

Observação: A intenção é treinar o método de análise dos movimentos e aplicar a condição para o corpo não escorregar.

Reprodução/Unesp, 2017.

- 3** Um carro, no município de Ribeirão Pires, desenvolve velocidade de 20 m/s quando o seu motorista vê, subitamente, à sua frente, um semáforo mudando do verde para o amarelo. A luz amarela fica acesa por um intervalo de tempo de cerca de 3,0 s, quando muda para o vermelho. Quando o motorista vê a mudança do semáforo (de verde para amarelo), ele se encontra a 45 m da faixa de pedestres.



O motorista decide frear e parar antes da faixa. Ele pisa no freio, o que faz com que as rodas travem e, conseqüentemente, o carro escorregue. A frenagem não começa no momento em que o motorista vê a mudança do semáforo, pois há um tempo de reação, que foi de 1,0 s.

Quanto é o menor coeficiente de atrito para que ele consiga parar antes da faixa?

- a) 0,2 Como o tempo de reação é de 1 s, o carro percorre 20 m antes de iniciar a frenagem. Logo, vão lhe restar 45 m – 20 m = 25 m para frear até parar.
 b) 0,4 Dessa maneira, a aceleração mínima que o carro deve ter até parar pode ser assim obtida:
 c) 0,6 $0^2 = 20^2 + 2 \cdot a \cdot 25 \therefore a = -8 \text{ m/s}^2$
 ▶ d) 0,8 Vamos representar, por meio de um esquema, em um instante qualquer, a situação descrita no enunciado, as forças aplicadas no corpo, a velocidade vetorial, a classificação do movimento, a aceleração vetorial e a resultante.
 e) 1,0

A partir da figura:

$$R = A \quad (I)$$

$$N = P \quad (II)$$

A partir da expressão I:

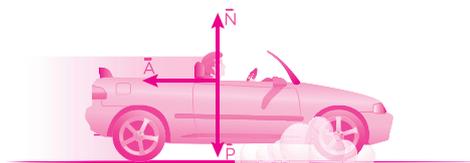
$$m \cdot |a| = \mu_c \cdot N \quad (III)$$

Substituindo II em III:

$$m \cdot |a| = \mu_c \cdot m \cdot g \Rightarrow \mu_c = \frac{|a|}{g}$$

$$\mu_c = \frac{|a|_{\text{mínimo}}}{g} \therefore \mu_c = \frac{8}{10} = 0,8$$

Observação: A intenção é treinar o método de análise dos movimentos e estudar um caso de atrito cinético.



ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 1 a 5 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

- Leia os itens 2 e 3 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

- Faça as questões 8 a 10 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

- Faça as questões 11 a 13 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

RETOMAR E PROSSEGUIR

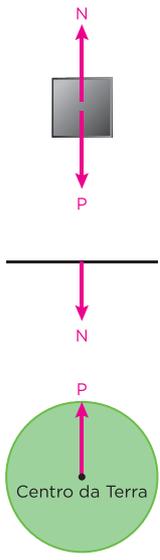
Na próxima aula, vamos estudar corpos sobre apoio horizontal e, para isso, é importante retomar alguns conceitos sobre o princípio da ação e reação. Acesse nosso vídeo para relembrar o assunto.

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

Nos exercícios a seguir são representados corpos apoiados de diferentes maneiras. Analise cada situação proposta e admita $g = 10 \text{ N/kg}$.

1 Uma menina (corpo A) de massa 15 kg está sentada e em repouso em relação ao chão. O esquema ao lado da imagem representa a situação e é chamado de diagrama de corpo livre. Nele, os corpos estão separados para melhorar a visualização da situação-problema.

a) Assinale no diagrama as forças aplicadas na menina e suas reações.

Imagem	Diagrama
 <p style="text-align: right; font-size: small;">korinphoto/Shutterstock</p>	

b) Calcule a intensidade de cada força representada.

O peso pode ser assim calculado:

$$P = m \cdot g = 15 \cdot 10 \therefore P = 150 \text{ N}$$

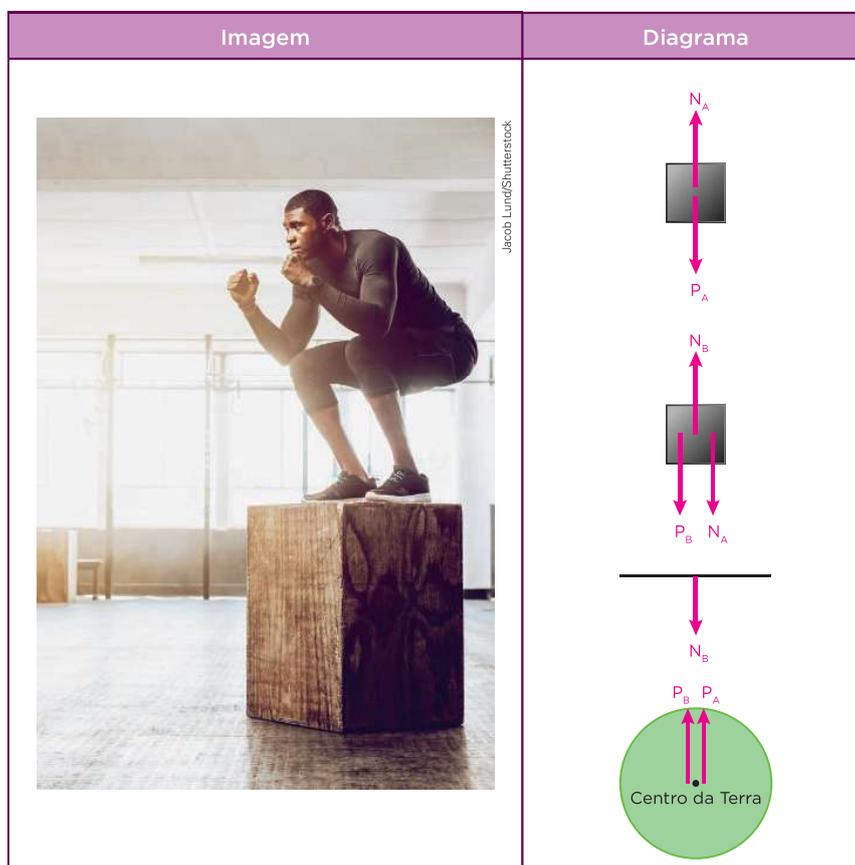
Como os corpos estão em equilíbrio:

$$N = P \therefore N = 150 \text{ N}$$

A partir desse exercício, conclua as duas primeiras afirmações do resumo de aula.

2 Uma pessoa (corpo A, de massa 45 kg) está sobre um caixote (corpo B, de massa 10 kg). Na situação, ambos se encontram em repouso sobre plano horizontal.

a) No espaço reservado, faça o diagrama de corpo livre, assinalando as forças nos dois corpos e suas respectivas reações.



b) Calcule a intensidade de cada uma das forças.

Os pesos podem ser assim calculados:

$$P_A = m_A \cdot g = 45 \cdot 10 \therefore P_A = 450 \text{ N}$$

$$P_B = m_B \cdot g = 10 \cdot 10 \therefore P_B = 100 \text{ N}$$

Como os corpos estão em equilíbrio:

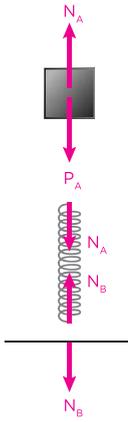
$$N_A = P_A \therefore N_A = 450 \text{ N}$$

$$N_B = N_A + P_B = 100 + 450 \therefore N_B = 550 \text{ N}$$

Observação: A ideia fundamental do exercício é treinar a habilidade de assinalar forças em sistemas de corpos interagindo entre si. Reforce as afirmações do *Nesta aula*.

3 Uma pessoa de massa 50 kg está sobre um calçado com molas. Esse equipamento, quando submetido a forças de compressão, apresenta deformação que reduz o impacto que o atleta sofre. Na situação da figura, o conjunto (pessoa + calçado) se encontra em repouso em um local no qual a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg. Considerando que a estrutura do calçado deforma como se fosse uma mola ideal (massa desprezível), pede-se:

a) Faça o diagrama de corpo livre para a pessoa e para a mola (calçado), representando as forças que lhe são aplicadas.

Imagem	Diagrama
	

b) Calcule a intensidade de cada força representada.

O peso pode ser assim calculado:
 $P = m \cdot g = 50 \cdot 10 \therefore P = 500 \text{ N}$
 Como os corpos estão em equilíbrio:
 Na pessoa: $N_A = P \therefore N_A = 500 \text{ N}$
 Na mola: $N_A = N_B \therefore N_B = 500 \text{ N}$

c) Admitindo a constante elástica da mola 5000 N/m, calcule a sua deformação.

A força que deforma a mola é a força nela aplicada, isto é, a normal.

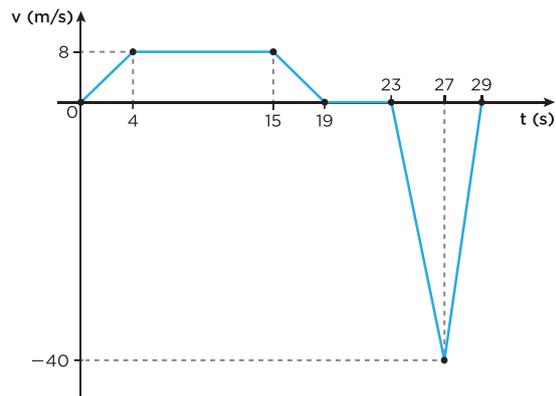
$$F = k \cdot x \Rightarrow 500 = 5000 \cdot x \Rightarrow x = 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

Observações:

- 1) Como a mola deforma, a força deve estar representada exatamente no seu ponto de aplicação.
- 2) A partir desse exercício conclua as afirmações do *Nesta aula*.

1 Já analisamos as “torres de queda livre” quando estudamos a Cinemática. Relembrando seu funcionamento, depois que todos estão corretamente posicionados em seus lugares e presos por equipamentos de segurança, o “elevador” inicia a subida até o ponto mais alto da torre. Uma vez lá em cima, o elevador se mantém em repouso por alguns segundos. De repente, as travas soltam o elevador, que despenca praticamente em queda livre. A partir de certo ponto, os freios são acionados bruscamente até parar o elevador bem próximo ao solo, finalizando a brincadeira.

Admitindo que a orientação da trajetória é para cima, o gráfico a seguir descreve como a velocidade do elevador de uma *Drop Tower* varia em função dos instantes.



A partir do gráfico da página anterior e utilizando a definição de aceleração escalar média, foi construída a seguinte tabela:

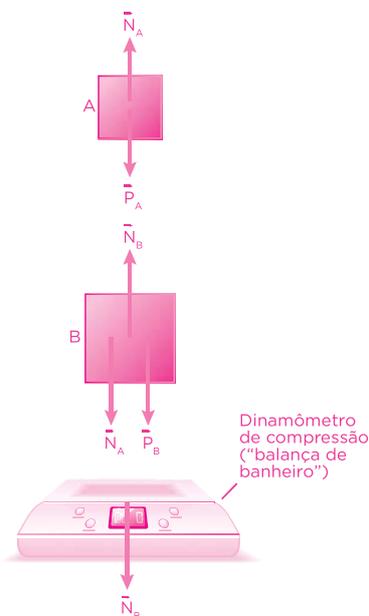
Intervalo de tempo	Aceleração escalar média
0 a 4 s	2 m/s^2
4 s a 15 s	zero
15 s a 19 s	-2 m/s^2
23 s a 27s	-10 m/s^2
27 s a 29 s	$+20 \text{ m/s}^2$

Em um dia de testes, os engenheiros responsáveis pelo elevador resolveram executar alguns ensaios. Vamos supor que eles tenham colocado no piso do elevador dois corpos apoiados como ilustrado a seguir.



Admitindo que a massa dos corpos A e B é 4 kg e 6 kg, respectivamente, e sendo $g = 10 \text{ N/kg}$, pede-se:

- a) Calcule a intensidade da força que o corpo A aplica em B em cada intervalo de tempo destacado na tabela anterior.
- b) Calcule a intensidade da força que o dinamômetro (“balança de banheiro”) aplica no corpo B entre os instantes 27 s e 29 s.
- c) Qual a indicação do dinamômetro (“balança de banheiro”) entre os instantes 27 s e 29 s?
- a) Em qualquer que seja o movimento, as forças aplicadas nos corpos A e B e no dinamômetro são como indicado na figura abaixo.



- De 0 a 4 s: O elevador está subindo em MRA.

De acordo com o princípio fundamental da Dinâmica:

$$N_A - P_A = m_A \cdot |a| \Rightarrow N_A = 40 + 4 \cdot 2 \therefore N_A = 48 \text{ N}$$

- De 4 s a 15 s: O elevador está subindo em MRU.

De acordo com o princípio fundamental da Dinâmica:

$$N_A = P_A \therefore N_A = 40 \text{ N}$$

- De 15 s a 19 s: O elevador está subindo em MRR.

De acordo com o princípio fundamental da Dinâmica:

$$P_A - N_A = m_A \cdot |a| \Rightarrow N_A = 40 - 4 \cdot 2 \therefore N_A = 32 \text{ N}$$

- De 23 s a 27 s: O elevador está descendo em MRA.

De acordo com o princípio fundamental da Dinâmica:

$$P_A - N_A = m_A \cdot |a| \Rightarrow N_A = 40 - 4 \cdot |-10| \therefore N_A = 0$$

- De 27 s a 29 s: O elevador está descendo em MRR.

De acordo com o princípio fundamental da Dinâmica:

$$N_A - P_A = m_A \cdot |a| \Rightarrow N_A = 40 + 4 \cdot |20| \therefore N_A = 120 \text{ N}$$

- b) De acordo com a análise feita entre os instantes 27 s e 29 s no item **a**, a resultante é para cima, logo:

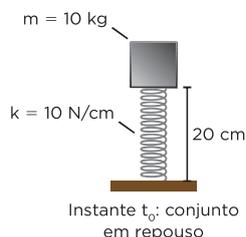
$$N_B - (P_B + N_A) = m_B \cdot |a| \Rightarrow N_B = (60 + 120) + 6 \cdot 20 \therefore = 300 \text{ N}$$

- c) O dinamômetro indica a força nele aplicada, logo:

$$N_B = 300 \text{ N}$$

Observação: Comente que sugerimos, durante o item **a**, que, para a normal aumentar, o elevador pode estar subindo acelerado ou descendo retardado. A intenção é concluir que o aumento da normal tem relação com o fato de a resultante e a aceleração serem para cima; isso não depende do sentido da velocidade.

- 2** Um corpo de 10 kg está apoiado e fixo sobre uma mola ideal de constante elástica 10 N/cm. Ambos se encontram apoiados sobre o piso de um elevador. Quando o elevador está em repouso, a mola tem comprimento de 20 cm.

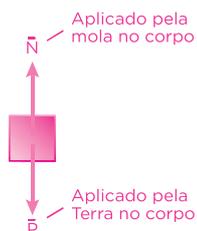


Dois medidas são executadas em dois instantes diferentes.

Instante	Comprimento da mola (cm)
t_1	25
t_2	30

Admitindo a intensidade do campo gravitacional 10 m/s^2 , pede-se:

- a) Caracterize a aceleração vetorial nos instantes t_1 e t_2 .
 b) Nos instantes t_1 e t_2 , o elevador está subindo ou descendo? Justifique.



- a) As forças aplicadas nos corpos podem ser assim representadas:

- Instante t_0 : Repouso

Como o corpo está em repouso, a resultante é zero. Logo:

$$N = P = 100 \text{ N}$$

Como a normal é a força elástica:

$$F = N \Rightarrow k \cdot x = N$$

$$10 \cdot x = 100 \therefore x = 10 \text{ cm}$$

Como o corpo está apoiado na mola, ela está comprimida. Sendo o comprimento da mola no instante t_0 igual a 20 cm, concluímos que o comprimento natural da mola é 30 cm.

- Instante t_1 :

Sabemos que no instante t_1 , o comprimento da mola é 25 cm. Portanto, a mola nesse instante está comprimida de 5 cm. Logo, podemos assim determinar a força elástica:

$$F = k \cdot x = 10 \cdot 5 = 50 \text{ N}$$

Como a força elástica é a normal trocada entre o corpo e a mola, vemos que $N < P$. Assim:

$$R = P - N$$

$$m \cdot \gamma = P - N$$

$$10 \cdot \gamma = 100 - 50 \therefore \gamma = 5 \text{ m/s}^2$$

Como $N < P$, a resultante é vertical e para baixo. Logo, a aceleração também é vertical e para baixo.

- Instante t_2 :

Sabemos que no instante t_2 o comprimento da mola é 30 cm. Logo, a mola nesse instante não está deformada. Isso só ocorre se a força elástica, isto é, a normal, é zero.

$$R = P - N$$

$$m \cdot \gamma = P - 0$$

$$m \cdot \gamma = m \cdot g \therefore \gamma = g = 10 \text{ m/s}^2$$

Como o peso é a única força aplicada, a resultante é vertical e para baixo. Logo, a aceleração também é vertical e para baixo. Observação: O conjunto se encontra no estado de imponderabilidade.

- b) Em ambas as situações não há informações suficientes para dizer o sentido do movimento.

O conjunto, em ambos os casos, pode estar subindo em movimento retardado ou descendo em movimento acelerado.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 24 a 28 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

- Leia o item 1.1 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.

- Faça as questões 29 a 32 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

- Faça as questões 33 e 34 do capítulo 8 de *Dinâmica newtoniana do Caderno de Estudos*.