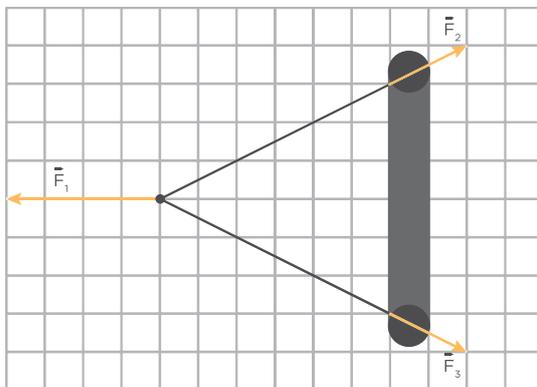


- Um estilingue é uma peça usada para atirar corpos. Ele é composto, basicamente, de uma forquilha e de um elástico.



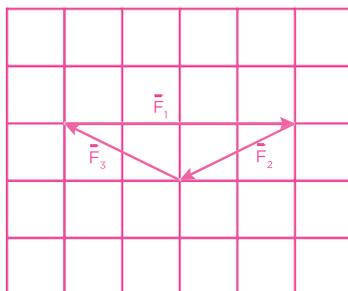
Francesco Milanese/Shutterstock

Para atirar um corpo com um estilingue, devemos colocar esse corpo no elástico, que, então, deve ser puxado. Vamos representar as forças aplicadas no conjunto corpo e elástico, em visão superior, de forma esquemática. Considere que cada lado do quadrado da malha dada equivale a 10 N.



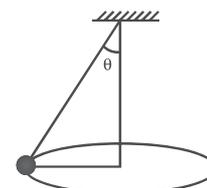
Caracterize a resultante das forças representadas na figura.

De acordo com a definição de resultante, temos:



Logo, concluímos que a resultante é zero.

- Um brinquedo muito famoso e frequentado em parques de diversões é o chapéu mexicano. Para estudar o movimento executado por uma pessoa que está se aventurando nesse brinquedo, podemos representar o seu movimento esquematicamente por meio de um pêndulo cônico.



Admitindo que o peso aplicado em cada banco é 60 N e que a resultante na posição indicada no esquema seja horizontal, analise as afirmações.

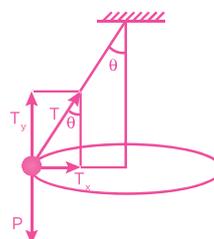
- Há três forças aplicadas no corpo.
- A resultante apresenta sentido para a esquerda.
- A intensidade da resultante é 45 N.

Adote:  
 $\text{sen } \theta = 0,6$   
 $\text{cos } \theta = 0,8$

É(São) correta(s):

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- I e II.
- I e III.

As forças aplicadas no corpo e suas componentes pertinentes ao estudo do movimento são:



Assim, a afirmação I está incorreta, pois há apenas 2 forças aplicadas. Como a resultante é horizontal,  $T_y$  equilibra o peso; logo,  $T_x$  é a resultante. Concluímos que a resultante é para a direita. Logo, a afirmação II está incorreta.

Analisando o movimento:

$$T_y = P = 60 \text{ N}$$

$$\frac{T_x}{T_y} = \text{tg } \theta \Rightarrow \frac{T_x}{60} = 0,75$$

Portanto:

$$R = T_x = 45 \text{ N}$$

Professor, a habilidade desenvolvida aqui é a mesma da questão anterior. A diferença é que nessa questão a resultante é diferente de zero e conhecemos sua direção. Do ponto de vista de preparar o aluno para o futuro, essa questão é muito importante, pois diversos outros movimentos que vamos analisar requerem esse conhecimento.

Além disso, para todos os movimentos, menos os que são circulares e variados, a maneira mais conveniente de escolher os eixos para a decomposição é colocar um eixo na direção da resultante e outro perpendicular.

Por fim, sugerimos que faça o exercício também utilizando o método da linha poligonal.

# Princípio da ação e reação: apresentação e discussões

## NESTA AULA

### Princípio da ação e reação

Observe a imagem.



Africa Studio/Shutterstock

Toda vez que um corpo A aplica uma força ( $\vec{F}_{BA}$ ) em um corpo B, o corpo B aplica uma força ( $\vec{F}_{AB}$ ) no corpo A. Essas duas forças:

- apresentam mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos;
- ocorrem simultaneamente;
- sempre têm o mesmo nome (natureza);
- podem causar diferentes efeitos;
- estão aplicadas em corpos distintos;
- não se equilibram\*.

\*A resultante é calculada apenas para um sistema de forças aplicadas no mesmo corpo.

## EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

- (UFTM-MG) Após a cobrança de uma falta, num jogo de futebol, a bola chutada acerta violentamente o rosto de um zagueiro. A foto mostra o instante em que a bola encontra-se muito deformada devido às forças trocadas entre ela e o rosto do jogador. A respeito dessa situação são feitas as seguintes afirmações:



Reprodução/UFTM, 2011

- I. A força aplicada pela bola no rosto e a força aplicada pelo rosto na bola têm direções iguais, sentidos opostos e intensidades iguais, porém, não se anulam.
- II. A força aplicada pelo rosto na bola é mais intensa do que a aplicada pela bola no rosto, uma vez que a bola está mais deformada do que o rosto.
- III. A força aplicada pelo rosto na bola atua durante mais tempo do que a aplicada pela bola no rosto, o que explica a inversão do sentido do movimento da bola.
- IV. A força de reação aplicada pela bola no rosto é a força aplicada pela cabeça no pescoço do jogador, que surge como consequência do impacto.

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 ocorrem graças 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.

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



Na análise desse movimento, algumas forças são particularmente importantes: os atritos trocados entre o apoio e os veículos (veja figura anterior) 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.

## ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Material de consulta: Caderno de Estudos 1 – Física – Mecânica newtoniana – Capítulo 8

### Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 1 a 3.

### Tarefa Complementar

- Leia os itens 1.1 e 1.2.
- Faça as questões 4 a 6.

### Tarefa Desafio

- Faça a questão 8.

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

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.

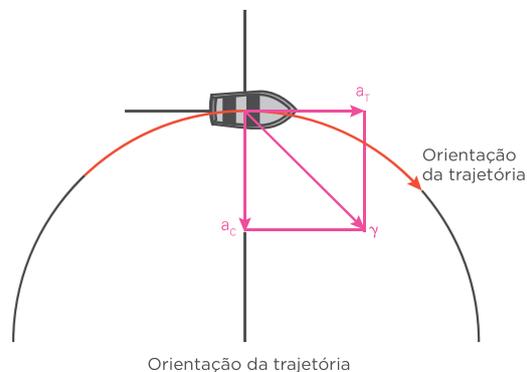
e) Correta. Para que o conjunto (caminhonete, reboque e barco) inicie o movimento, sua resultante deve ser diferente de zero.

- Em uma corrida de barcos, o movimento de um deles foi monitorado durante toda a competição. Em determinado trecho, ele executa um movimento em trajetória com formato de arco de uma circunferência de raio 9 metros. A intensidade da sua velocidade vetorial instantânea varia de acordo com a seguinte expressão:

$$v = 3 \cdot t \text{ (SI)}$$

Pede-se para o instante  $t = 2$  s:

- a) Classifique o movimento em acelerado ou retardado. Justifique.  
 O movimento é acelerado, pois de acordo com a expressão dada, com o passar do tempo, o módulo da velocidade escalar instantânea aumenta.
- b) Indique, na figura a seguir, a direção e o sentido da aceleração tangencial ( $\vec{a}_T$ ), da aceleração centrípeta ( $\vec{a}_c$ ) e da aceleração vetorial ( $\vec{\gamma}$ ).



- c) Calcule a intensidade da aceleração vetorial.

Cálculo da intensidade das acelerações:

- A partir da equação dada, a aceleração escalar instantânea é  $3 \text{ m/s}^2$ , logo:  $a_T = |a| = 3 \text{ m/s}^2$

- No instante  $t = 2$ , a velocidade escalar instantânea pode assim ser obtida:

$$v = 3 \cdot 2 = 6 \text{ m/s}$$

$$\text{Logo: } a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{6^2}{9} \therefore a_c = 4 \text{ m/s}^2$$

- A partir da figura obtida no item anterior:

$$\gamma^2 = a_c^2 + a_T^2 = 4^2 + 3^2 \therefore \gamma = 5 \text{ m/s}^2$$

## ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Material de consulta: Caderno de Estudos 1 – Física – Mecânica newtoniana – Capítulo 9

### Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 1 a 4.

### Tarefa Complementar

- Leia o capítulo 9.
- Faça as questões 6 a 8.

### Tarefa Desafio

- Faça a questão 10.

- Quando estamos dentro de um ônibus ou carro, alguns efeitos curiosos acontecem quando a velocidade vetorial do veículo varia.

Imagine que você esteja em pé dentro de um ônibus. Quando o ônibus acelera ou retarda em linha reta ou faz uma curva, temos a impressão de que estamos sendo “jogados” para trás, para a frente e para fora da curva, respectivamente. Analise as afirmações a seguir, utilizando o princípio da inércia e indique a afirmação correta.

- Estamos, de fato, sendo jogados, pois nossas sensações evidenciam que há uma força nos empurrando.
- Quando o ônibus acelera, iniciando o movimento, o passageiro não é, de fato, jogado para trás. Na verdade, ele tende a se movimentar para trás, em relação à Terra, de acordo com o princípio da inércia.
- Quando o veículo executa a curva, todos os corpos dentro dele são jogados para fora da curva pela força centrífuga, que é uma força de inércia.

- d) Em nenhuma das situações citadas, estamos realmente sendo jogados. Apenas tendemos, de acordo com o princípio da inércia, a continuar em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme em relação à Terra.

a) **Incorreta.** Em nenhuma dessas situações, há força aplicada causando essas sensações, logo a pessoa não está sendo jogada.

b) **Incorreta.** O passageiro tende a permanecer em repouso em relação à Terra.

c) **Incorreta.** Na situação apresentada, não há força aplicada no corpo jogando-o para fora da curva.

d) **Correta.**

**Observação:** A questão de ser jogado para a frente, para trás ou para fora da curva é um argumento que frequentemente se baseia no senso comum. Discutir esses movimentos, à luz do princípio da inércia, é o início de um processo com o qual o aluno deve se acostumar: buscar as respostas na teoria, e não na sua intuição.

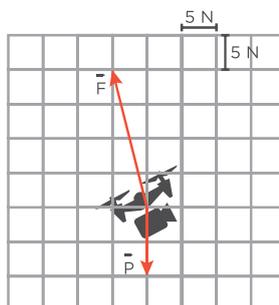
- Os *drones* são veículos aéreos não tripulados que podem ser controlados a distância. Eles têm diversas aplicações. Dentre elas, a captura de imagens é uma das mais relevantes.



As imagens feitas por um *drone* podem auxiliar, por exemplo, na construção civil. Desde o aprimoramento de projetos, passando por análises de topografia ou até mesmo vendas, eles se mostram uma ferramenta muito precisa para obter imagens a partir de ângulos e distâncias que apenas eles podem atingir.

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.

Há três forças aplicadas no *drone*, sendo que duas delas estão representadas na imagem.



Quais são as características da resultante das forças no drone?

- a) É diferente de zero e na mesma direção e sentido da velocidade vetorial.
- b) É diferente de zero, pois as forças aplicadas não apresentam mesma intensidade.
- c) É zero apenas quando o *drone* se movimenta na direção horizontal.
- ▶ d) É zero, independentemente da direção do seu movimento.
- e) 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.*

#### ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Material de consulta: Caderno de Estudos 1 – Física – *Mecânica newtoniana* – Capítulo 8

#### Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 9 a 12.

#### Tarefa Desafio

- Faça a questão 18.

#### Tarefa Complementar

- Leia o item 2.
- Faça as questões 15 a 17.

#### EXTRA!

- Considere a situação física apresentada na questão 2 da seção *Desenvolvendo habilidades*. Nessa situação, quais são as características da força de resistência do ar?
  - a) Zero.
  - b) Sua intensidade é 5 N, direção horizontal e sentido para a direita.
  - c) Sua intensidade é 10 N, direção vertical e sentido para baixo.
  - d) Sua intensidade é  $5\sqrt{5}$ , direção que forma ângulo  $\arctg 0,5$  em relação à direção vertical e sentido para baixo.

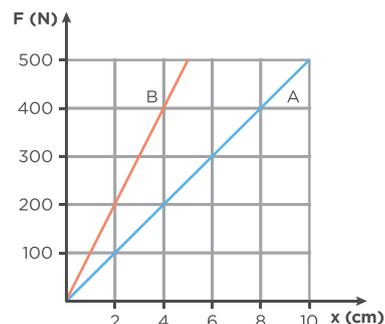
Normalmente, para medir a massa de um corpo e o peso nele aplicado, as medidas são feitas de maneira direta, ou seja, com o experimentador lendo o instrumento utilizado. Outras grandezas, como o campo gravitacional, são medidas indiretamente. Nesse processo, que envolve medidas indiretas, depois da leitura dos instrumentos, ainda há aplicação desses resultados em alguma relação matemática para descobrir a magnitude da grandeza desejada. Uma pessoa curiosa resolveu executar diversas medidas. Em 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	

A partir das informações da tabela, ela pode medir, de forma indireta, o campo gravitacional. Assinale a alternativa correta.

- 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 por meio do campo gravitacional, que é 9 N/kg.
- e) Caso as medidas sejam executadas em outro local, o campo gravitacional certamente continuará o mesmo.
- 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.
- e) Incorreta. O campo gravitacional depende do local em que as medidas são realizadas.

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:



A partir do gráfico e da situação descrita, 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 a deformação da mola B seja 15 cm, a força que lhe deve ser aplicada é 1 500 N.

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.

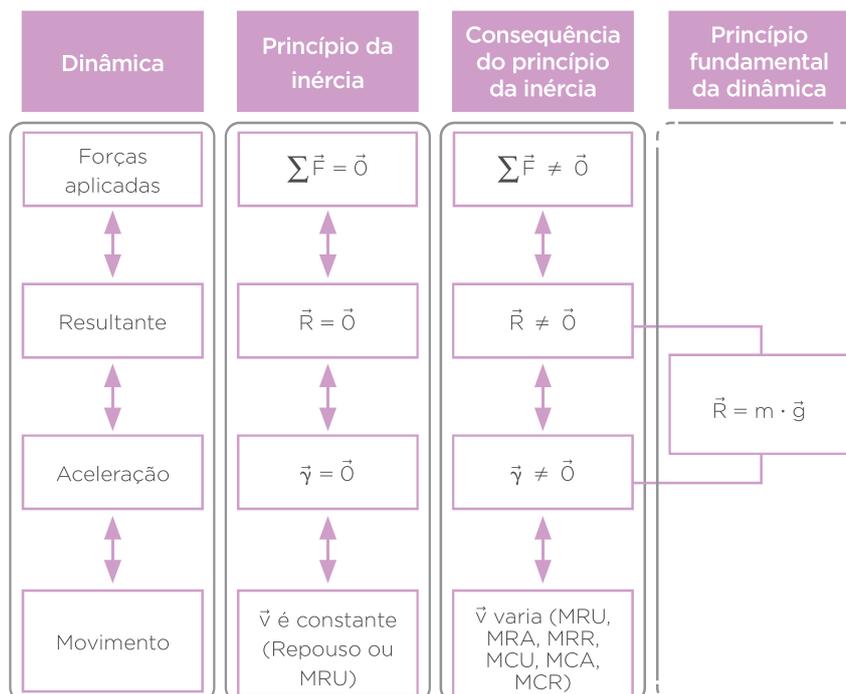
$$K = \frac{F}{x} \Rightarrow K = \frac{400 \text{ N}}{4 \text{ cm}} \Rightarrow K = 100 \text{ N/cm}$$

$$F = K \cdot x \Rightarrow F = 100 \cdot 15 \Rightarrow F = 1 500 \text{ N}$$

# Princípio fundamental da Dinâmica: apresentação e discussões

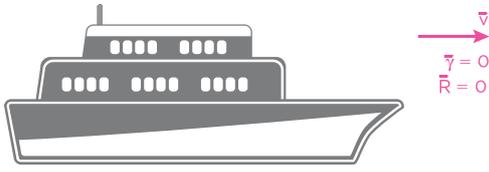
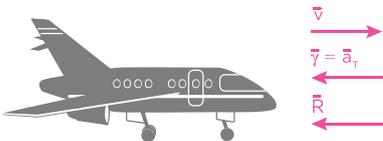
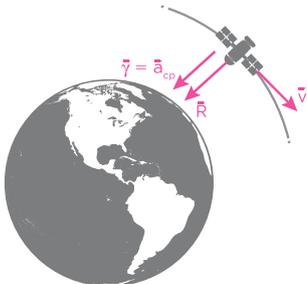
NESTA AULA

Dinâmica



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 (em linha reta) do porto no qual estava ancorada.
  - III. Avião pousando em uma pista retilínea.
  - IV. Satélite em órbita circular (a velocidade escalar não varia).
 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.

Movimento	Classificação	Velocidade vetorial, aceleração vetorial e resultante
I	MRU	
II	MRA	
III	MRR	
IV	MCU	

## ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Material de consulta: Caderno de Estudos 1 – Física – *Mecânica newtoniana* – Capítulo 8

### Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 30 e 31.

### Tarefa Complementar

- Leia o item 3.
- Faça as questões 32 a 34.

### Tarefa Desafio

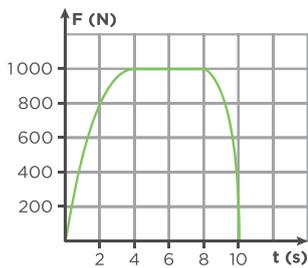
- Faça a questão 36.

## RETOMAR E PROSEGUIR

Na próxima aula, vamos estudar as aplicações das leis de Newton e, para isso, é importante retomar conceitos de cinemática escalar e vetorial. Acesse nosso vídeo para relembrar o assunto.

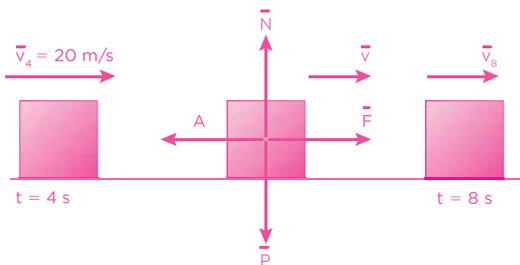
**Texto para as questões 1 e 2**

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  $t_5 = 4$  s, a velocidade vetorial instantânea do corpo é horizontal, para a direita e de intensidade  $v_5 = 20$  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:



- Qual é 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, temos:



Entre 4 s e 8 s, a intensidade da força F é constante e vale 1 000 N. Como a intensidade do atrito é 900 N, podemos obter a resultante:

$$R = F - A = 1\,000 - 900 = 100 \text{ N}$$

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:

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

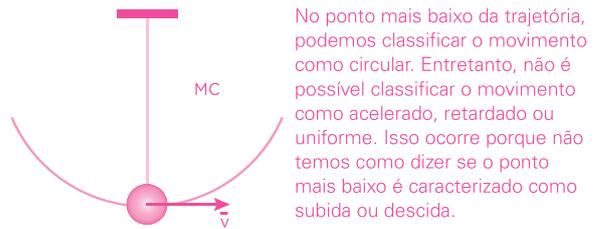
Como  $F > A$ , a resultante e, conseqüentemente, a aceleração vão apresentar direção horizontal e sentido para a direita.

Assim, sabendo que a velocidade também é para a direita, concluímos que o movimento será retilíneo e acelerado. Portanto,  $a > 0$ .

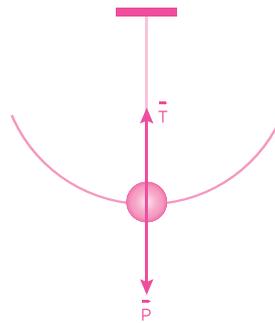
$$v_8 = 20 + 2 \cdot 4 \therefore v_8 = 28 \text{ m/s}$$

- 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.

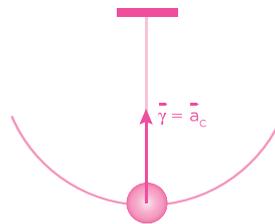
O pêndulo é colocado para oscilar de tal forma que, ao passar pelo ponto mais baixo, sua velocidade é 2 m/s. Desprezando a resistência do ar, para o ponto mais baixo da trajetória, pede-se para calcular a intensidade da tração.



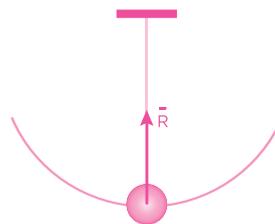
Assinalando as forças aplicadas no corpo na posição mais baixa da trajetória:



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 uma componente horizontal dessa aceleração. Portanto, podemos representar a aceleração vetorial no corpo desta forma:



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



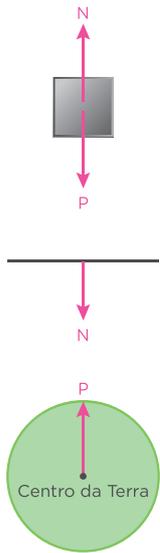
Relacionando as forças e a resultante, podemos, assim, calcular a intensidade da tração:  
 $T - P = m \cdot a_c$

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

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

Analise cada situação proposta e admita  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

- 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, na superfície de apoio (chão) e no centro da Terra.

Imagem	Diagrama
	

- b) Calcule a intensidade de cada força representada.

O peso pode ser calculado assim:  
 $P = m \cdot g = 15 \cdot 10 \therefore P = 150 \text{ N}$   
 Como os corpos estão em equilíbrio:  
 $N = P \therefore N = 150 \text{ N}$

- Considerando que a menina da questão anterior estivesse sobre o piso de um elevador, determine:
  - a) A intensidade do peso e da normal aplicados na menina caso o elevador esteja subindo, em movimento acelerado e desenvolvendo aceleração vetorial de intensidade  $2 \text{ m/s}^2$ .
  - b) A intensidade do peso e da normal aplicados na menina caso o elevador esteja descendo, em movimento retardado e desenvolvendo aceleração vetorial de intensidade  $2 \text{ m/s}^2$ .

a) A intensidade do peso não depende do movimento que o corpo executa e pode ser obtido desta maneira:

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

A intensidade da normal pode ser obtida assim:

$$\uparrow \vec{v} \text{ (MRA)} \quad \uparrow \vec{y} \quad \uparrow \vec{R}$$

$$N - P = m \cdot |a| \Rightarrow N - 150 = 15 \cdot 3 \therefore N = 195 \text{ N}$$

b)  $P = 150 \text{ N}$

A intensidade da normal pode ser obtida da seguinte forma:

$$\downarrow \vec{v} \text{ (MRR)} \quad \uparrow \vec{y} \quad \uparrow \vec{R}$$

$$N - P = m \cdot |a| \Rightarrow N - 150 = 15 \cdot 3 \therefore N = 195 \text{ N}$$