

### 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.



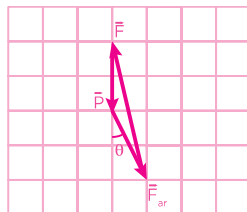
Imagine que você esteja em pé dentro de um ônibus que se movimenta em linha reta com velocidade escalar constante.

- 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 necessária 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  $\theta$ :

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

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*.

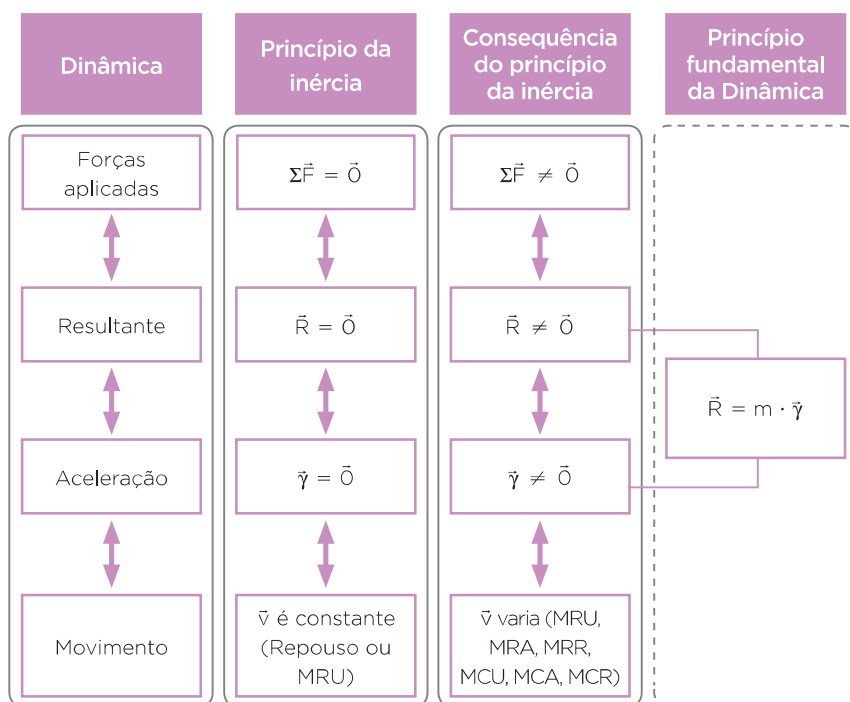
## RETOMAR E PROSEGUIR

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.

# Princípio fundamental da Dinâmica: apresentação e discussões

HABILIDADE TRABALHADA **H20**

**NESTA AULA**



**EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES**

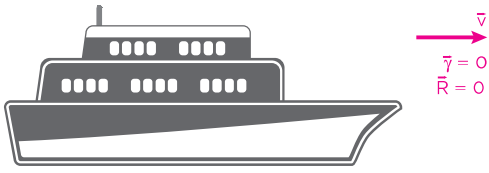

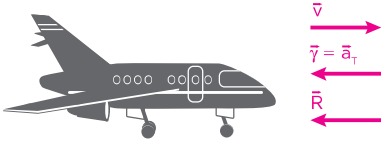
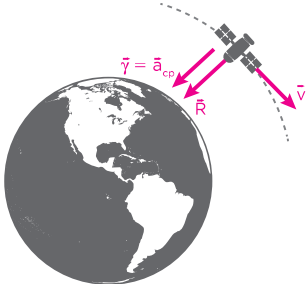
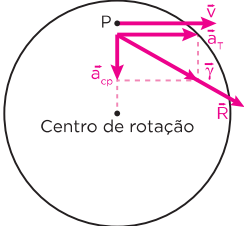
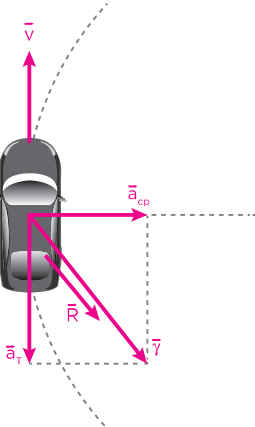
Vamos analisar uma série de movimentos:

- 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:

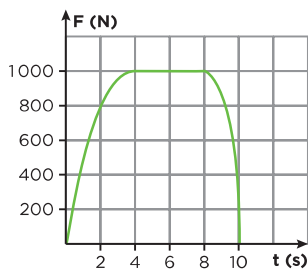
- a) Classifique cada um dos movimentos em retilíneo ou curvilíneo, uniforme, acelerado ou retardado.
- b) No esquema que o representa, indique a direção e o sentido da velocidade vetorial, aceleração vetorial e resultante.
- c) Informe o ângulo formado entre a resultante e a velocidade, dizendo se ele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

Observação: A meta principal do exercício é treinar habilidades como a de indicar velocidade, aceleração e resultante, além de classificar o movimento. Também desejamos, em segundo plano, desenvolver o conhecimento de que, para cada tipo de ângulo entre a resultante e a velocidade, o corpo executa um tipo diferente de movimento.

Movimento	Classificação	Velocidade vetorial, aceleração vetorial e resultante	Ângulo entre a resultante e a velocidade
I	MRU		
II	MRA		Zero
III	MRR		180°
IV	MCU		90°
V	MCA		Agudo
VI	MCR		Obtuso

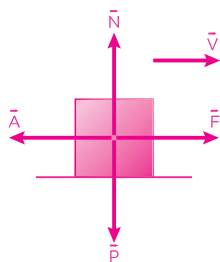
**Texto para as questões 1 e 2**

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)  $1 \text{ m/s}^2$
  - ▶ c)  $2 \text{ m/s}^2$
  - d)  $3 \text{ m/s}^2$
  - e)  $4 \text{ m/s}^2$

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



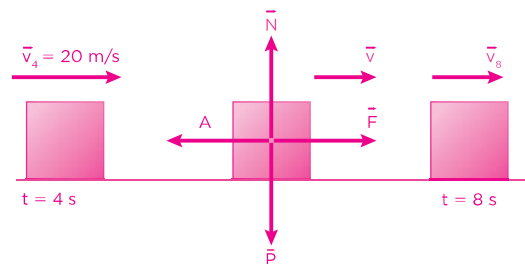
A intensidade da força de atrito é 900 N durante todo o movimento. No instante  $t = 2$  s, a intensidade de F é 800 N. Logo, podemos assim determinar a resultante:  
 $R = A - F = 900 - 800 = 100 \text{ N}$   
 Utilizando o princípio fundamental da Dinâmica:

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

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:

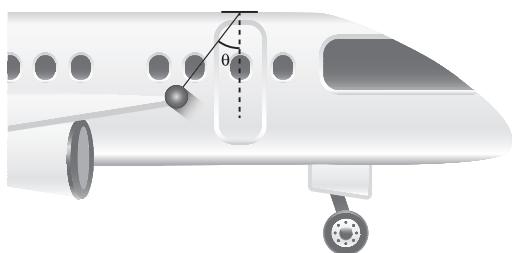
$$v_8 = v_4 + a \cdot t$$

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.

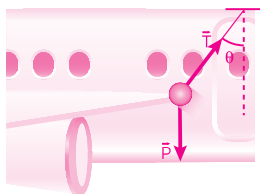


Note e adote:

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

Pede-se:

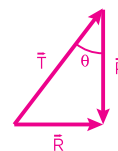
- a) Informe a direção e o sentido da velocidade vetorial instantânea e classifique o movimento do avião em função da variação da intensidade (uniforme, acelerado ou retardado) e da sua direção (retilíneo ou curvilíneo) da velocidade vetorial.  
Como o avião está decolando, seu movimento é retilíneo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

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

Utilizando o princípio fundamental da Dinâmica:  
 $R = m \cdot |a| \Rightarrow 0,94 = 0,2 \cdot |a| \therefore |a| = 4,7 \text{ m/s}^2$

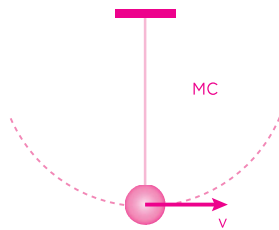
- g) O comprimento mínimo que uma pista de decolagem deve ter para receber um avião como esse é de 2 km, e a mínima velocidade para que ele decole é de cerca de 80 m/s. Caso o avião estudado esteja decolando em uma pista de comprimento mínimo, ele vai conseguir decolar? Justifique.  
Como a aceleração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

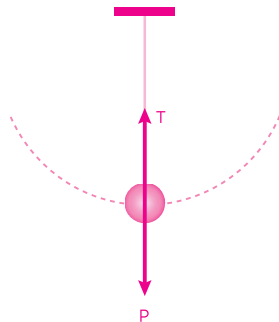
O pêndulo é colocado para oscilar de tal forma que, ao passar pelo ponto mais baixo, sua velocidade é 2 m/s. Desprezando a resistência do ar, qual é a intensidade da sua tração quando ele passa pelo ponto mais baixo da trajetória?

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

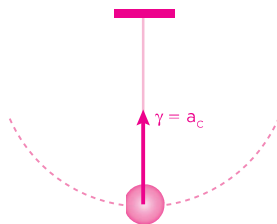
No ponto mais baixo da trajetória podemos classificar o movimento como circular. Entretanto, não é possível classificar o movimento em acelerado, retardado ou uniforme. Isso ocorre porque não temos como dizer se o ponto mais baixo faz parte da subida ou da descida.



As forças aplicadas são:

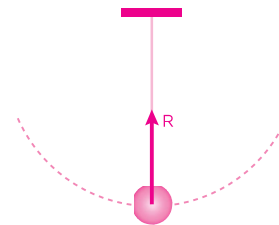


Como o corpo executa movimento circular e sua velocidade é diferente de zero, há aceleração centrípeta, que é vertical e para cima. Como não classificamos o movimento em acelerado, retardado ou uniforme, temos que caracterizar a aceleração tangencial de outra forma. Observando as forças, vemos que ambas 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.

## ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

### Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 53 a 55 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

### Tarefa Complementar

- Leia o item 3.1 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

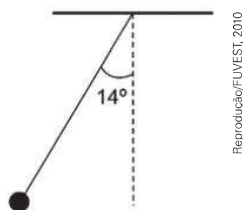
- Faça as questões 56, 57 e 68 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

### Tarefa Desafio

- Faça as questões 58 e 61 do capítulo 7 de *Dinâmica newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

## EXTRAS!

- 1** (Fuvest-SP) Uma pessoa pendurou um fio de prumo no interior de um vagão de trem e percebeu, quando o trem partiu do repouso, que o fio se inclinou em relação à vertical. Com auxílio de um transferidor, a pessoa determinou que o ângulo máximo de inclinação, na partida do trem, foi  $14^\circ$ . Nessas condições,
- represente, na figura abaixo, as forças que agem na massa presa ao fio.
  - indique, na figura abaixo, o sentido de movimento do trem.
  - determine a aceleração máxima do trem.

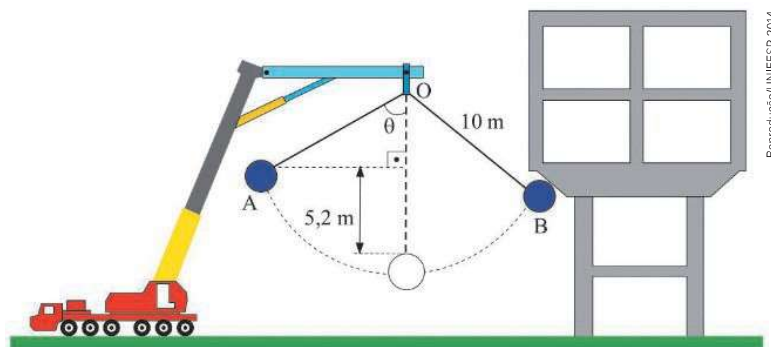


Reprodução/FUVEST, 2010

Note e Adote:

- $\text{tg } 14^\circ = 0,25$
- A aceleração da gravidade na Terra:  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- Indique a resolução da questão. Não é suficiente apenas escrever as respostas.

- 2** (Unifesp) Uma empresa de demolição utiliza um guindaste, extremamente massivo, que se mantém em repouso e em equilíbrio estável no solo durante todo o processo. Ao braço superior fixo da treliça do guindaste, ponto O, prende-se um cabo, de massa desprezível e inextensível, de 10 m de comprimento. A outra extremidade do cabo é presa a uma bola de 300 kg que parte do repouso, com o cabo esticado, do ponto A.



Reprodução/UNIFESP, 2014

Sabe-se que a trajetória da bola, contida em um plano vertical, do ponto A até o ponto B, é um arco de circunferência com centro no ponto O; que o módulo da velocidade da bola no ponto B, imediatamente antes de atingir a estrutura do prédio, é de  $2 \text{ m/s}$ ; que o choque frontal da bola com o prédio dura  $0,02 \text{ s}$ ; e que depois desse intervalo de tempo a bola para instantaneamente. Desprezando a resistência do ar e adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule, em newtons, o módulo da força de tração no cabo no instante em que a bola é abandonada do repouso no ponto A.