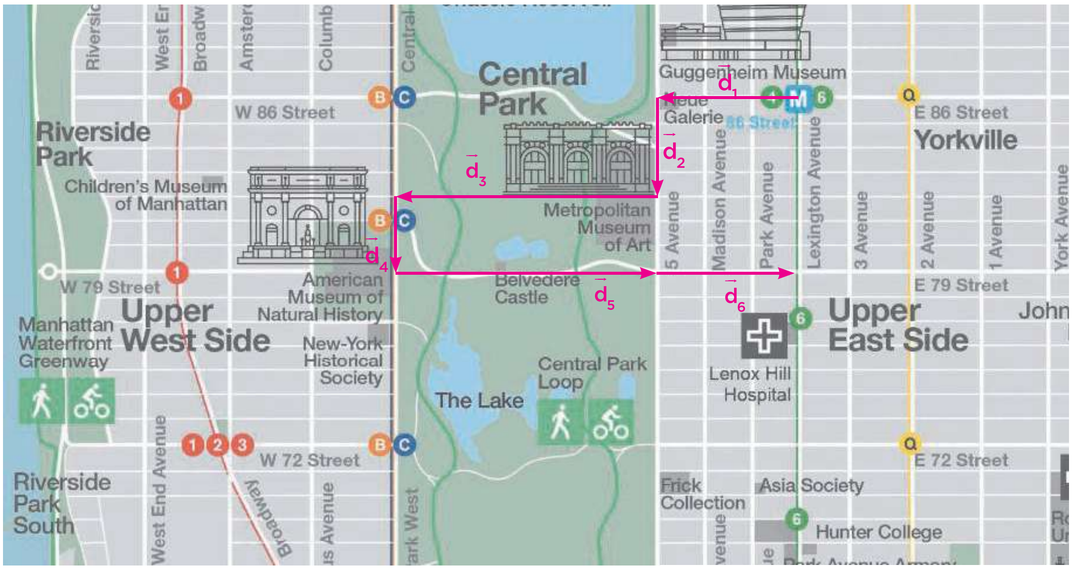
O texto e o mapa a seguir referem-se às questões 1 a 4.

Um turista ávido por conhecer a parte cultural da cidade de Nova York, inicia um *tour* de um dia inteiro, saindo da estação de metrô na rua 86 (o local está indicado pelo símbolo M).



Deslocamento de uma pessoa na cidade de Nova York.

Nessa região da cidade, a parte em verde do mapa é uma área arborizada, conhecida como Central Park. As vias que no mapa são verticais são chamadas avenidas e, por questões de simplificação, vamos considerar que estão na direção norte-sul. As vias horizontais são chamadas ruas e consideraremos que estão na direção leste-oeste.

À direita do parque, fica o lado leste da cidade e à sua esquerda, o lado oeste. No lado leste, cada quadra tem 80 m × 150 m. No lado oeste, 80 m × 270 m. A largura do Central Park é 850 m (direção leste-oeste).

Em função do mapa, o turista faz o seguinte roteiro:

1. Desloca-se na direção leste-oeste, no sentido oeste, por 450 m até sua primeira parada, um museu particular chamado **Neue Galery**.
2. Saindo da sua primeira parada, mais uma caminhada até o **Metropolitan Museum of Art** (MET), o maior museu da cidade. Ele desloca-se na direção norte-sul, sentido sul, por 320 m.
3. Saindo do MET, o turista executa uma série de pequenos trajetos por dentro do parque, que resultam em um deslocamento na direção leste-oeste, sentido oeste, de 850 m.
4. Uma vez no lado oeste, ele faz mais uma caminhada na direção norte-sul e no sentido sul, de intensidade igual a 240 m, chegando a seu último museu do dia, o **Museu de História Natural**.
5. Saindo do local da sua última parada, decide caminhar novamente no parque, executando um deslocamento na direção leste-oeste, sentido leste, de 850 m, retornando ao lado leste, onde para para comer um sanduíche.
6. Por fim, desloca-se mais 450 m na direção leste-oeste, sentido leste, até a **avenida Lexington**, onde mora um amigo.

1 Represente por meio de vetores no próprio mapa todos os deslocamentos vetoriais descritos. Indique por $\vec{d}_1$, $\vec{d}_2$, $\vec{d}_3$, $\vec{d}_4$, $\vec{d}_5$ e $\vec{d}_6$ os deslocamentos vetoriais em cada um dos seis trechos descritos.

2 Em relação à intensidade dos deslocamentos executados, assinale a afirmação correta:

I. $d_2 = -320$ m

II. $d_1 = 450$

III. $\vec{d}_1 = 450$ m

▶ **IV.** $d_3 = 850$ m

I. Incorreta. Grandeza vetorial não admite intensidade negativa.
II. Incorreta. Falta unidade de medida.
III. Incorreta. Não podemos igualar um vetor a uma intensidade.

3 Analise as afirmações a seguir:

I. $d_3 = d_5$

II. $\vec{d}_1 = \frac{9}{17}\vec{d}_3$

III. $\vec{d}_1 = \vec{d}_6$

IV. $\vec{d}_1 = -\vec{d}_6$

V. $\vec{d}_1 < \vec{d}_4$

São verdadeiras apenas as afirmações:

a) I, II e III.

b) II, IV e V.

▶ c) I, II e IV.

d) II, III e IV.

e) IV e V.

III. Incorreta. Os vetores apresentam sentidos opostos.
V. Incorreta. Vetores não admitem comparações de maior ou menor.

4 Descreva analiticamente o deslocamento total, desde o início até o final do dia.

$$\vec{d}\begin{cases}\text{intensidade: } d = |\vec{d}| = 560 \text{ m}\\ \text{direção: norte-sul}\\ \text{sentido: sul}\end{cases}$$

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

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

Tarefa Complementar

- Leia os itens 1 e 2 do capítulo 1 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 5 a 7 do capítulo 1 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

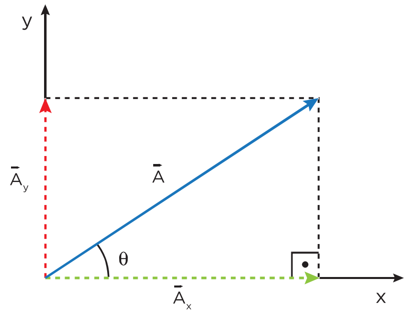
- Faça as questões 8 e 9 do capítulo 1 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

RETOMAR E PROSSEGUIR

Na próxima aula, vamos estudar as operações vetoriais e, para isso, é importante retomar alguns teoremas de geometria plana. Acesse nosso vídeo para relembrar o assunto.

1.3 Decomposição de um vetor

A decomposição de um vetor nas direções **x** e **y** é feita utilizando como referência o eixo **xy** e posicionando a extremidade do vetor no início desses eixos.



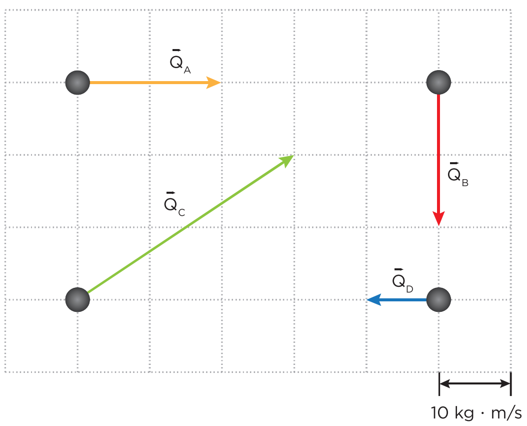
Na direção do eixo **x**: $A_x = A \cdot \cos\theta$

Na direção do eixo **y**: $A_y = A \cdot \text{sen}\,\theta$

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

O texto e os vetores a seguir estão relacionados à questão 1.

Quantidade de movimento ($\vec{Q}$) é uma grandeza física vetorial associada a todo corpo em movimento. Ela é muito útil para estudar colisões, explosões, desintegrações radioativas, etc. Observe o sistema de quatro corpos a seguir e, associada a cada um deles, a sua quantidade de movimento.



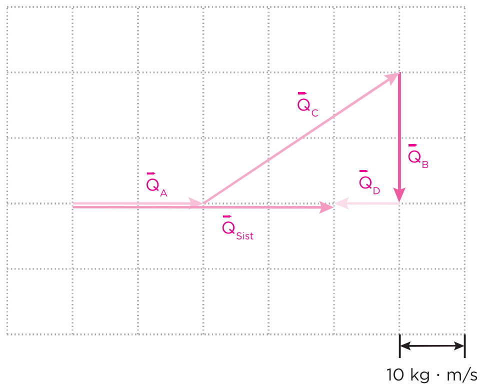
1 A quantidade de movimento de um sistema de corpos é definida como a soma das quantidades de movimento dos corpos que compõem o sistema. Matematicamente:

$$\vec{Q}_{sistema} = \Sigma\vec{Q}$$

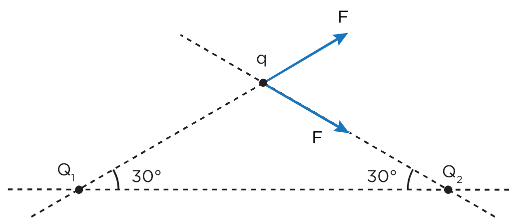
No caso apresentado, que é de um sistema de quatro corpos:

$$\vec{Q}_{sistema} = \vec{Q}_A + \vec{Q}_B + \vec{Q}_C + \vec{Q}_D$$

Caracterize a quantidade de movimento do sistema de corpos dado.



2 Observe a situação a seguir, na qual as cargas Q_1 e Q_2 aplicam força elétrica na carga **q**, equidistante das duas, de mesma intensidade $F = 10^{-6}$ N.

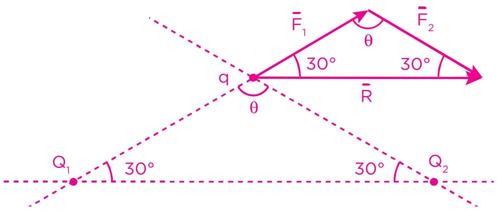


A resultante das forças é assim definida:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \ldots$$

A partir das informações dadas, obtenha a resultante das forças que Q_1 e Q_2 aplicam na carga **q**.

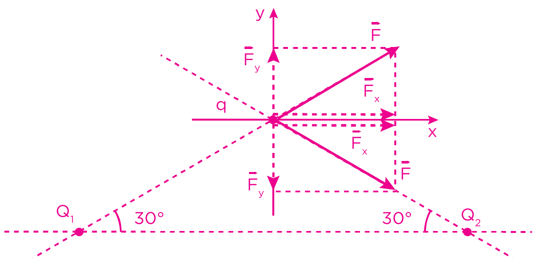
Utilizando o método da linha poligonal:



Como a soma dos ângulo internos de um triangulo é igual a 180°, concluímos que θ = 120°. Aplicando o teorema dos senos:

$$\frac{F}{\text{sen } 30°} = \frac{R}{\text{sen } 120°} \Rightarrow \frac{10^{-6}}{\frac{1}{2}} = \frac{R}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \therefore R = \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

Utilizando o método da decomposição:



Na direção **y**:
As componentes se equilibram, pois possuem a mesma intensidade. Logo:
$R_y = 0$
Na direção **x**:

$$R_x = 2 \cdot F_x = 2 \cdot F \cdot \cos 30° = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \therefore$$

$$\therefore R = \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

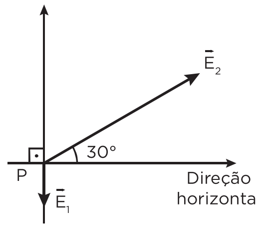
Como $R_y = 0$, temos que:

$$R = R_x = \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

3 Campo elétrico $(\vec{E})$ é uma grandeza de natureza vetorial que é associada a um ponto. Caso em um ponto esteja associado mais do que um vetor campo elétrico, podemos calcular o campo elétrico total $(\vec{E}_T)$ ou resultante por meio da seguinte definição:

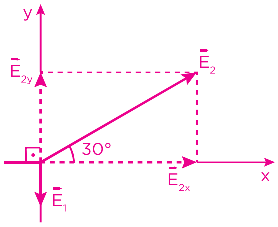
$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 + \ldots$$

Na situação que vai ser analisada, estão representados dois vetores $(\vec{E}_1 \text{ e } \vec{E}_2)$ associados ao ponto P.



Admitindo que a intensidade de E_1 é $10\sqrt{3}$ N/C e que o campo elétrico total ou resultante apresenta apenas componente na direção horizontal, determine sua intensidade.

Decompondo o campo elétrico E_2 nas suas componentes **x** e **y**:



De acordo com o enunciado, o campo elétrico total ou resultante apresenta apenas componente na direção horizontal (x). Logo:

Na direção **y**: $E_{2y} = E_1 = 10\sqrt{3}$ N/C

Na direção **x**: $E_T = E_{2x}$

Da trigonometria: $\frac{E_{2y}}{E_{2x}} = \tan 30° \Rightarrow E_{2y} = 30$ N

Portanto:
$E_T = E_{2x} = 30$ N

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 10 a 13 do capítulo 1 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

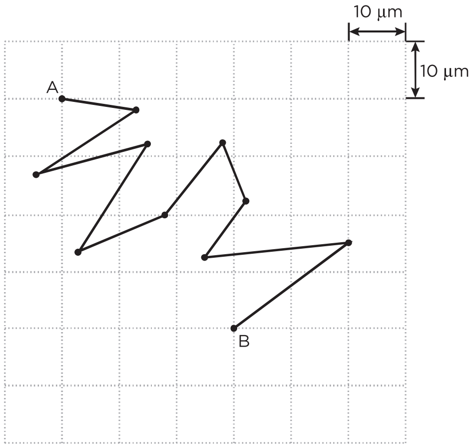
Tarefa Complementar

- Leia os itens 3 e 4 do capítulo 1 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 14 a 17 do capítulo 1 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

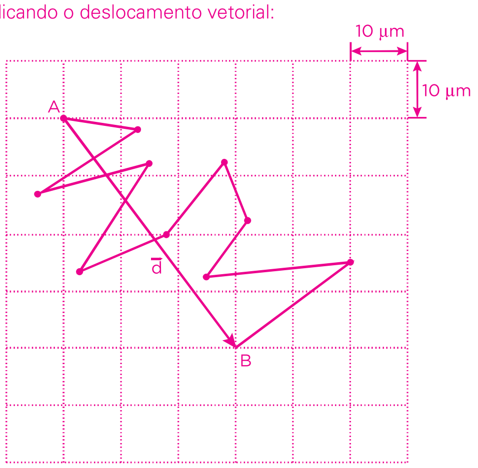
- Faça as questões 18 e 19 do capítulo 1 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

1 (Unicamp-SP) Movimento browniano é o deslocamento aleatório de partículas microscópicas suspensas em um fluido, devido às colisões com moléculas do fluido em agitação térmica. A figura abaixo mostra a trajetória de uma partícula em movimento browniano em um líquido após várias colisões.



Sabendo-se que os pontos negros correspondem a posições da partícula a cada 30 s, qual é o módulo da velocidade média desta partícula entre as posições A e B?

Indicando o deslocamento vetorial:



Calculando sua intensidade:

$$d^2 = 40^2 + 30^2 \therefore d = 50\ \mu m$$

De acordo com o enunciado, o intervalo de tempo em cada um dos trechos é 30 s. Como são 10 trechos, o intervalo de tempo total é 300 s. Utilizando a definição de velocidade vetorial média:

$$v_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{50\ \mu m}{300\ s} \therefore v_m \approx 0{,}167\ \mu m/s$$

Professor, o objetivo do exercício é, dada uma situação-problema, aplicar a definição da velocidade vetorial média para caracterizar essa grandeza por completo (intensidade, direção e sentido). Note que a partir do enunciado não é possível saber se a velocidade pedida é a escalar ou a vetorial, mas há dados apenas para calcular a vetorial, logo, esta é a única possibilidade.

2 Algumas pistas que se destinam a testes de carros, apesar de apresentarem formato de circunferência, são chamadas de retas infinitas.

Andrey Rudakov/Bloomberg/Getty Images

Esse nome se dá porque, se o automóvel adquirir determinado valor de velocidade, o motorista pode soltar a mão do volante que o carro continua seu movimento de curva indefinidamente, até acabar o combustível.

Imagine que o carro da imagem esteja desenvolvendo esse valor de velocidade e que ele não varie por grande intervalo de tempo. Nesse intervalo de tempo citado podemos dizer que:

a) O deslocamento vetorial é constante.

b) O deslocamento escalar é constante.

c) A velocidade vetorial instantânea é constante, pois o velocímetro não muda.

▶ d) A velocidade vetorial não é constante, pois sua direção sempre muda.

e) A velocidade escalar não é constante, pois varia sua direção.

a) Incorreta. O deslocamento vetorial varia.

b) Incorreta. O módulo do deslocamento escalar aumenta.

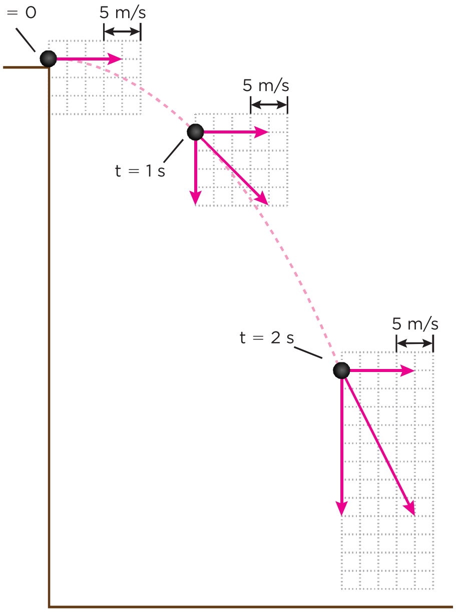
c) Incorreta. A velocidade vetorial varia, pois muda a direção.

e) Incorreta. Não associamos direção às grandezas escalares.

3 A velocidade vetorial, assim como qualquer outra grandeza vetorial, pode ser decomposta nas direções **x** e **y**. Em um lançamento como o representado a seguir, a componente da velocidade na direção horizontal (x) não varia e vale 10 m/s. A componente da velocidade na direção vertical (y) varia segundo a seguinte expressão:

$$v_y = 10 \cdot t \qquad (SI)$$

Na figura a seguir estão representados três instantes diferentes.



Na própria figura, indique:

I. A componente horizontal da velocidade em cada um dos três instantes;

II. A componente vertical da velocidade vetorial em cada um dos três instantes;

III. A velocidade vetorial em cada um dos três instantes;

IV. De forma aproximada, a trajetória;

V. Classifique o movimento em retilíneo ou curvilíneo e em acelerado, retardado ou uniforme.

I. A componente horizontal da velocidade não muda (observe o comprimento das setas verdes horizontais).
II. A componente vertical aumenta 10 m/s a cada 1 s. Logo:
- No instante zero, vale zero;
- No instante t = 1 s, vale 10 m/s;
- No instante t = 2 s, vale 20 m/s.
III. A velocidade vetorial é obtida por meio da soma vetorial das suas componentes.
IV. A trajetória deve estar sempre tangente à velocidade vetorial, como está representado no tracejado vermelho.
V. Trata-se de um movimento curvilíneo e acelerado.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 1 a 4 do capítulo 2 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

- Leia os itens 1 a 3 do capítulo 2 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 5 a 8 do capítulo 2 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

- Faça as questões 9 e 10 do capítulo 2 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

SETOR A

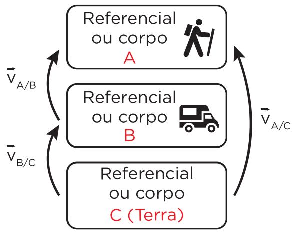
AULAS

4 e 5 Composição de movimentos

HABILIDADE TRABALHADA H20

NESTAS AULAS

Regra do encadeamento



$$\vec{v}_{A/C} = \vec{v}_{A/B} + \vec{v}_{B/C}$$

Para aplicar a regra do encadeamento:

a) Identifique os corpos que serão os referenciais na situação-problema estudada;

b) Desenhe o esquema (acima) que apoia a construção da regra do encadeamento;

c) Construa a regra do encadeamento;

d) Relacione vetorialmente as velocidades relativas de maneira coerente com a regra do encadeamento.

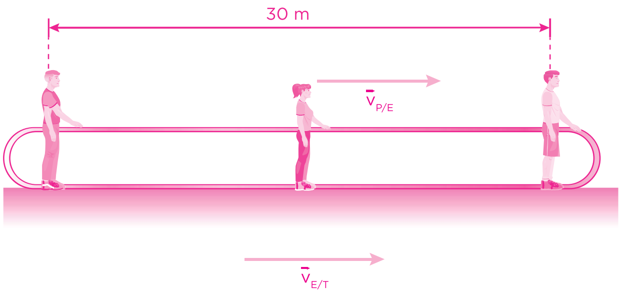
EM CLASSE **DESENVOLVENDO HABILIDADES**

1 Em muitos aeroportos do mundo, para facilitar o deslocamento das pessoas e diminuir o tempo que elas gastam se movimentando entre terminais, são disponibilizadas algumas esteiras horizontais como as da imagem a seguir.

simonlong/Moment Unreleased RF/Getty Images

Em um aeroporto, uma esteira se movimenta com velocidade de 2 m/s em relação ao solo. Uma pessoa que anda no mesmo sentido do movimento da esteira percorre o comprimento total do percurso, que é de 90 m, entre o início e o fim da esteira, num intervalo de tempo de 30 s. Determine:

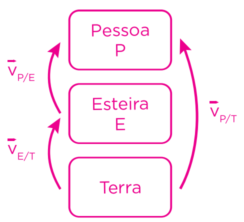
a) A intensidade da velocidade da pessoa em relação à Terra ($v_{P/T}$).
Representando a situação descrita de maneira esquemática:



Utilizando a definição de velocidade escalar média:

$$v_{P/T} = v_m = \frac{\Delta s_{P/T}}{\Delta t} = \frac{90}{30} \therefore v_{P/T} = 3 \text{ m/s}$$

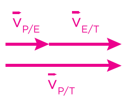
b) A intensidade da velocidade da pessoa em relação à esteira ($v_{P/E}$).
Esquema para construir a regra do encadeamento:



Assim fica a regra do encadeamento:

$$\vec{v}_{P/T} = \vec{v}_{P/E} + \vec{v}_{E/T}$$

Utilizando o método da linha poligonal em função da regra do encadeamento:



Utilizando a geometria, concluímos que:
$v_{P/T} = v_{P/E} + v_{E/T} \therefore 3 = v_{P/E} + 2 \therefore v_{P/E} = 1$ m/s

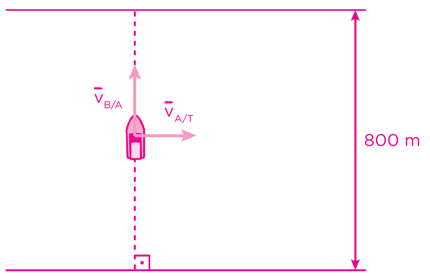
c) Considerando que cada passo tem 0,8 m, determine o número de passos completos que a pessoa deu sobre a esteira.
O número de passos que a pessoa dá tem relação com seu deslocamento em relação à esteira.

$$v_{P/E} = \frac{\Delta s_{P/E}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta s_{P/E} = v_{P/E} \cdot \Delta t = 1 \cdot 30 = 30 \text{ m}$$

Como cada passo tem 0,8 m, podemos calcular o número de passos assim:
1 ——— 0,8 m
N ——— 30 m
N = 37,5
Logo, a pessoa executou 37 passos completos.

2 Um barco atravessa um rio de margens paralelas e de 800 m de comprimento. Para isso, desenvolve uma velocidade, em relação às águas do rio, de 8 m/s e de direção perpendicular às margens. As águas do rio, por sua vez, apresentam velocidade, em relação às margens do rio, de 6 m/s e paralela às margens do rio. Pede-se:

a) O intervalo de tempo que demora a travessia.

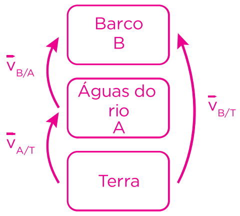


Podemos analisar apenas o movimento do barco em relação às águas.

$$v_{B/A} = \frac{\Delta s_{B/A}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s_{B/A}}{v_{B/A}} = \frac{800}{8} \therefore \Delta t = 100 \text{ s}$$

b) A velocidade do barco em relação à Terra.

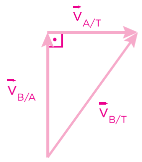
Esquema para construir a regra do encadeamento:



Assim fica a regra do encadeamento:

$\vec{v}_{B/T} = \vec{v}_{B/A} + \vec{v}_{A/T}$

Utilizando o método da linha poligonal em função da regra do encadeamento:



Como a figura é um triângulo retângulo:

$$\left(v_{B/T}\right)^2 = \left(v_{B/A}\right)^2 + \left(v_{A/T}\right)^2$$

$$\left(v_{B/T}\right)^2 = 8^2 + 6^2 \therefore v_{B/T} = 10 \text{ m/s}$$

c) A distância total que o barco percorre em relação à Terra.

$$v_{B/T} = \frac{\Delta s_{B/T}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta s_{B/T} = v_{B/T} \cdot \Delta t = 10 \cdot 100$$

$$\therefore \Delta s_{B/T} = 1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$$

3 A gatinha Rubi foi colocada sobre um carrossel que, ao rodar, executa uma volta a cada 20 s.

Note e adote: $\pi = 3$

a) Sabendo que a distância de Rubi até o centro do disco é de 10 m, determine a intensidade da velocidade vetorial instantânea, $\vec{v}$, em relação ao chão.

O corpo demora 20 segundos para executar uma volta. Utilizando a definição de velocidade escalar média:

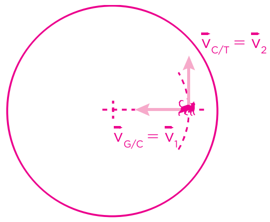
$$\left|\vec{v}\right| = v = v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10}{20} = 3 \text{ m/s}$$

Em certo instante, ela sai em disparada sobre o carrossel, correndo horizontalmente em direção ao centro deste com velocidade $\vec{v}_1$ de módulo 4 m/s, em relação ao carrossel.

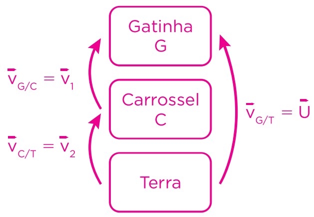
Determine, no instante imediatamente após a sua saída:

b) a intensidade da velocidade vetorial $\vec{U}$ de Rubi em relação ao chão;

Vamos representar na figura a seguir as velocidades relativas pertinentes à análise pedida:



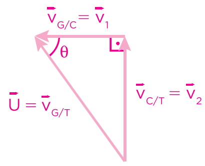
Esquema para construir a regra do encadeamento:



Assim fica a regra do encadeamento:

$$\vec{v}_{G/T} = \vec{v}_{G/C} + \vec{v}_{C/T}$$

Utilizando o método da linha poligonal em função da regra do encadeamento:



$$\left(v_{G/T}\right)^2 = \left(v_{G/C}\right)^2 + \left(v_{C/T}\right)^2$$

$$U^2 = v_1^2 + v_2^2 \Rightarrow U^2 = 4^2 + 3^2 \therefore U = 5 \text{ m/s}$$

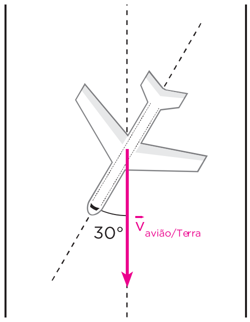
c) o ângulo θ entre as direções das velocidades $\vec{v}_1$ e $\vec{U}$ de Rubi.

$$\cos\theta = \frac{v_1}{U} = \frac{3}{5} \therefore \text{arccos } \theta = 0{,}6$$

Observação: A intenção do exercício é treinar a habilidade de aplicar a regra do encadeamento para executar a mudança de referencial de problemas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais.

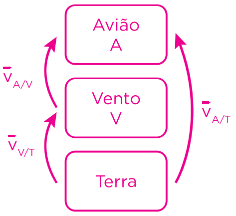
4 Em um local com vento, durante o pouso do avião da imagem a seguir, a projeção do eixo longitudinal do avião no plano da pista de pouso forma um ângulo de 30° em relação ao eixo longitudinal da pista.

Flightlevel80/Getty Images



Admitindo que a velocidade do ar em relação à Terra (vento) apresente direção perpendicular ao eixo longitudinal da pista de pouso e sua intensidade seja 50 km/h, qual é a intensidade da velocidade do avião em relação ao ar ($v_{avião/ar}$) e a intensidade da velocidade do avião em relação à Terra ($v_{avião/Terra}$)?

Esquema para construir a regra do encadeamento:

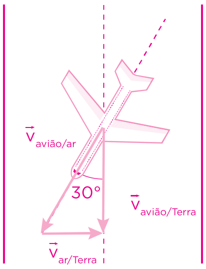


Assim fica a regra do encadeamento:

$\vec{v}_{A/T} = \vec{v}_{A/V} + \vec{v}_{V/T}$

Utilizando o método da linha poligonal em função da regra do encadeamento:

	$v_{avião/ar}$	$v_{avião/Terra}$
a)	100 km/h	$\frac{100\sqrt{3}}{3}$ km/h
b)	200 km/h	$\frac{100\sqrt{3}}{3}$ km/h
c)	300 km/h	$\frac{100\sqrt{3}}{3}$ km/h
▶ d)	100 km/h	$50\sqrt{3}$ km/h
e)	$\frac{100\sqrt{3}}{3}$ km/h	200 km/h



$\text{sen } 30° = \frac{v_{ar/Terra}}{v_{avião/ar}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{50}{v_{avião/ar}} \therefore$

$\therefore v_{avião/ar} = 100 \text{ km/h}$

$\cos 30° = \frac{v_{avião/Terra}}{v_{avião/ar}} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{v_{avião/Terra}}{100} \therefore$

$\therefore v_{avião/Terra} = 50\sqrt{3} \text{ km/h}$

Observação: A intenção do exercício é treinar a habilidade de aplicar a regra do encadeamento para executar a mudança de referencial de problemas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais. A diferença em relação ao anterior é abordar dois fatos:

- Em certas condições, a direção da velocidade do avião em relação ao ar é dada pelo seu eixo longitudinal.
- Ao construir a figura que relaciona as velocidades, a incógnita não é, necessariamente, a hipotenusa do triângulo.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

Aula 4

- Leia a seção *Nestas aulas*.
- Faça as questões 1 a 3 do capítulo 3 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Aula 5

- Faça as questões 10 e 11 do capítulo 3 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

Aula 4

- Leia o capítulo 3 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 4 a 7 do capítulo 3 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Aula 5

- Faça as questões 12 a 16 do capítulo 3 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

Aula 4

- Faça as questões 8 e 9 do capítulo 3 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Aula 5

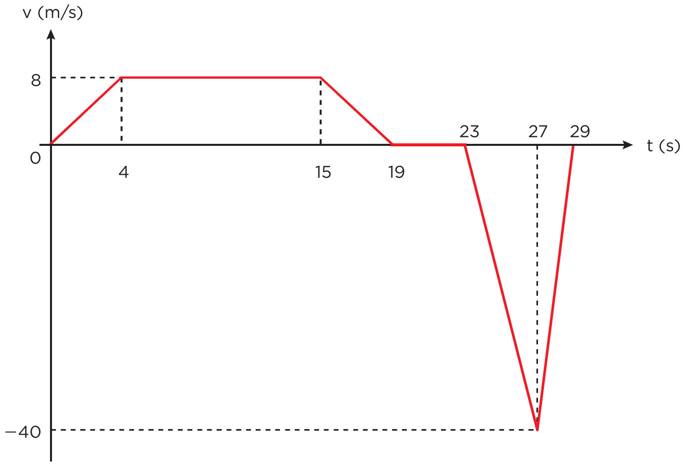
- Faça as questões 17 e 18 do capítulo 3 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

1 Já analisamos as "torres de queda livre" na cinemática escalar. Vamos agora estudá-las aqui de outra forma, utilizando os conceitos da cinemática vetorial.

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) Complete a tabela representando por meio de uma seta (→) a direção e o sentido das grandezas vetoriais pedidas. Caso a intensidade seja nula, escreva zero.

Instante (t)	Velocidade vetorial instantânea	Aceleração tangencial	Aceleração vetorial
2 s	↑	↑	↑
10 s	↑	zero	zero
18 s	↑	↓	↓
24 s	↓	↓	↓
28 s	↓	↑	↑

b) Calcule a intensidade da aceleração escalar, tangencial, centrípeta e vetorial no instante 16,5 s.

De acordo com o gráfico, entre 15 e 19 s a velocidade varia uniformemente; logo, a aceleração escalar média é igual à aceleração escalar instantânea em todos os instantes. Portanto:

$$a_{16,5} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(0 - 8)}{(19 - 15)} \therefore a_{16,5} = -2 \text{ m/s}^2$$

A aceleração tangencial é sempre igual ao módulo da aceleração escalar. Logo:

$$(a_T)_{16,5} = |a_{16,5}| = 2 \text{ m/s}^2$$

O movimento de um elevador é sempre retilíneo; logo, sua aceleração centrípeta é zero. Assim:

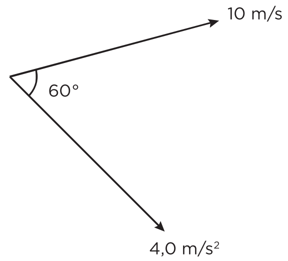
$$(a_C)_{16,5} = 0$$

Como a aceleração centrípeta é zero, a aceleração vetorial coincide com a aceleração tangencial. Portanto:

$$\gamma_{16,5} = (a_T)_{16,5} = 2 \text{ m/s}^2$$

Observação: A meta é treinar a habilidade de caracterizar a aceleração vetorial a partir da descrição de uma situação-problema. Chamamos a atenção para o fato de que o contexto desse exercício já foi apresentado no setor B na aula de aceleração escalar.

2 (Fatec-SP) Num certo instante, estão representadas a aceleração e a velocidade vetoriais de uma partícula.



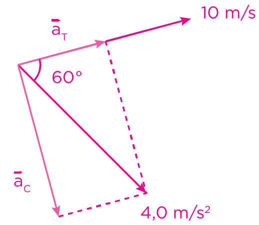
Os módulos dessas grandezas estão também indicados na figura.

No instante considerado, o módulo da aceleração escalar, em m/s^2, e o raio de curvatura, em metros, são, respectivamente,

a) 3,5 e 25
b) 2,0 e 2,8
c) 4,0 e 36
d) 2,0 e 29
e) 4,0 e 58

Dados:
sen 60° = 0,87
cos 60° = 0,50

Decompondo a aceleração vetorial nas direções radial (perpendicular à velocidade vetorial) e tangente (na mesma direção da velocidade vetorial):



Utilizando a trigonometria:

$$\frac{a_T}{4} = \cos 60° \therefore a_T = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{a_C}{4} = \text{sen } 60° \therefore a_C = 2\sqrt{3} \text{ m/s}^2$$

$$\frac{v^2}{r} = a_C \Rightarrow \frac{10^2}{r} = 2\sqrt{3} \therefore r \approx 29 \text{ m}$$

Observação: A meta desta atividade é, dadas a velocidade e a aceleração vetorial, identificar qual movimento o corpo executa e obter suas características.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

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

Tarefa Complementar

- Leia o capítulo 4 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 5 a 8 do capítulo 4 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

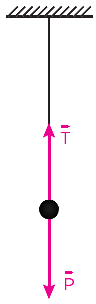
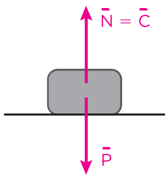
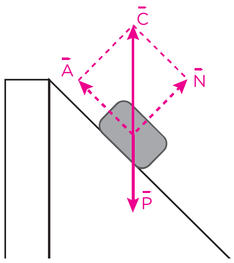
Tarefa Desafio

- Faça as questões 10 e 16 do capítulo 4 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

- Para estudar o movimento dos corpos é muito comum que situações reais sejam representadas de maneira esquemática. A seguir, apresentaremos algumas dessas situações e vamos propor esquemas que podem representá-las.

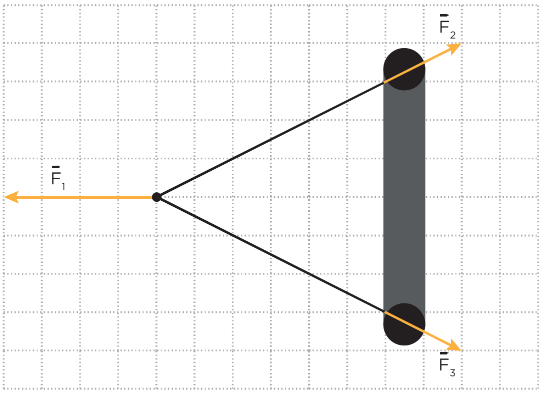
  Represente as forças aplicadas sobre os corpos nos esquemas a seguir.

Situação real	Esquema
Paraquedista caindo verticalmente logo após ter pulado de um helicóptero em repouso (nessa situação é possível desprezar a resistência do ar)	
 Mauricio Graiki/Shutterstock	
Um lustre em repouso	
 Pro3DArt/Shutterstock	
Vaso sobre apoio horizontal	
 gowithstock/Shutterstock	
Cachorro descendo uma rampa com atrito	
 Skumer/Shutterstock	

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

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

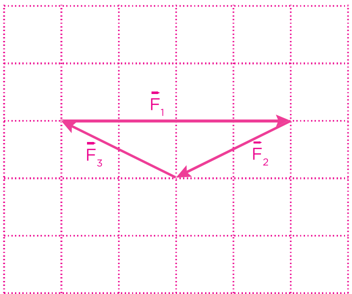
Para atirar um corpo com um estilingue, devemos colocá-lo no elástico, que então é puxado. Vamos representar as forças aplicadas no conjunto corpo e elástico, em visão superior, de forma esquemática. Considere que cada unidade da escala dada seja 10 N.



Com relação à resultante das forças e à deformação sofrida pelo elástico, podemos afirmar que:

a) A resultante das forças é nula e o elástico sofre deformação.
b) A resultante das forças é 80 N e o elástico sofre deformação.
c) A resultante das forças é 40 N e o elástico sofre deformação.
d) A resultante das forças é nula e o elástico não sofre deformação.
e) A resultante das forças é 40 N e o elástico não sofre deformação.

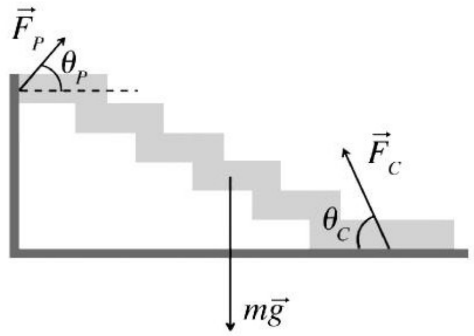
De acordo com a definição de resultante, temos:



Logo, concluímos que a resultante é zero.
Quanto à deformação, ela vai ocorrer, pois a resultante é equivalente a um sistema de forças apenas quanto ao efeito dinâmico das forças. Desse modo, ela pode ser zero e ainda assim o corpo analisado pode deformar.
Observação: Este exercício cobra o conhecimento de que resultante é equivalente a um sistema de forças apenas quanto ao seu efeito dinâmico. Esse conhecimento é importante para que no futuro o aluno saiba calcular a deformação nas molas e como são as forças nelas aplicadas.

2 (Unicamp-SP) As escadas flutuantes em cascata feitas em concreto armado são um elemento arquitetônico arrojado, que confere leveza a uma estrutura intrinsecamente massiva.

Essas escadas são apoiadas somente na extremidade superior (normalmente em uma parede) e no chão. O esquema abaixo mostra as forças aplicadas na escada pela parede $\left(\vec{F}_P\right)$ e pelo chão $\left(\vec{F}_C\right)$, além da força peso $\left(m \cdot \vec{g}\right)$ aplicada pela Terra, todas pertencentes a um plano vertical.



Reprodução/Unicamp 2020

Com base nesse esquema, é correto afirmar que

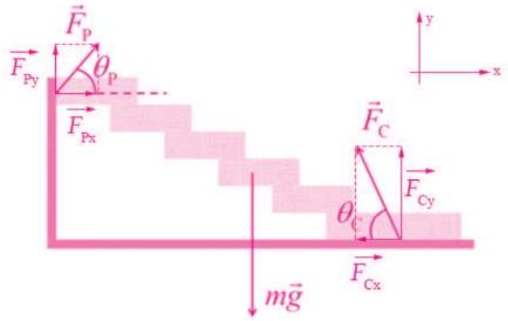
a) $F_P \cos\theta_P = F_C \cos\theta_C$ e $F_P \operatorname{sen}\theta_P + F_C \operatorname{sen}\theta_C = mg$.

b) $F_P \operatorname{sen}\theta_P = F_C \operatorname{sen}\theta_C$ e $F_P \operatorname{sen}\theta_P + F_C \cos\theta_C = mg$.

c) $F_P \cos\theta_P = F_C \cos\theta_C$ e $F_P + F_C = mg$.

d) $F_P = F_C$ e $F_P \operatorname{sen}\theta_P + F_C \operatorname{sen}\theta_C = mg$.

Efetuando a decomposição das forças $\vec{F}_P$ e $\vec{F}_C$ nos eixos **x** e **y**, tem-se:



Como a escada está em equilíbrio, a $\sum\vec{F}_x = 0$ e $\sum\vec{F}_y = 0$, logo:

no eixo **x**: $F_{P_x} = F_{C_x}$

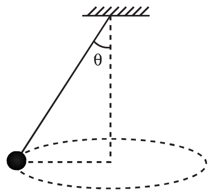
$F_P \cos\theta_P = F_C \cos\theta_C$

no eixo **y**: $F_{P_y} + F_{C_y} = mg$

$F_P \operatorname{sen}\theta_P + F_C \operatorname{sen}\theta_C = mg$

3 Um brinquedo muito famoso e frequentado em parques de diversões é o chapéu mexicano. Caso tenhamos interesse em estudar o movimento executado pela pessoa que está se aventurando no brinquedo, podemos representar o seu movimento esquematicamente por meio de um pêndulo cônico.

Nadezhda Kharitonova/Shutterstock



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

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

I. Há três forças aplicadas no corpo.

II. A resultante apresenta sentido para a esquerda.

III. A intensidade da resultante é 45 N.

É(São) correta(s):

a) Apenas I.

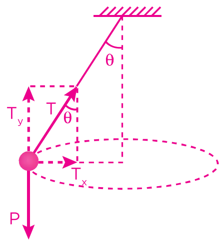
b) Apenas II.

▶ c) Apenas III.

d) I e II.

e) 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:

$T_y = P = 60$ N

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

Portanto:

$R = T_x = 45$ N

Professor, a habilidade desenvolvida aqui é a mesma da questão anterior. A diferença é que aqui a resultante é diferente de zero e conhecemos sua direção. Do ponto de vista de preparar o aluno para o futuro, esta 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, mais uma vez, que faça o exercício também pelo método da linha poligonal.

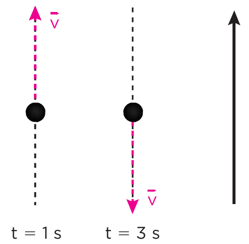
O texto a seguir refere-se às questões 4 e 5.

Uma esfera metálica à qual é aplicado um peso de 20 N é lançada verticalmente e para cima. Nas condições estudadas, podemos desprezar a resistência do ar. Após estudos envolvendo teorias físicas, concluímos que sua velocidade escalar instantânea pode ser obtida por meio da seguinte expressão:

$$v = 20 - 10t \qquad \text{(SI)}$$

4 A partir da análise da expressão fornecida, é possível concluir que o movimento é uniformemente variado, isto é, a aceleração escalar é constante. Considerando os dados fornecidos e a função dada, para os instantes 1 s e 3 s:

a) Caracterize a velocidade vetorial.



Como a velocidade é positiva, podemos concluir que a orientação da trajetória é para cima.
Calculando a velocidade escalar instantânea nos instantes 1 s e 3 s:
$v_1 = 20 - 10 \cdot 1 = +10$ m/s
$v_3 = 20 - 10 \cdot 3 = -10$ m/s
Assim:
- A velocidade vetorial no instante 1 s é 10 m/s, vertical e para cima.
- A velocidade vetorial no instante 1 s é 10 m/s, vertical e para baixo.

b) Classifique o movimento em (retilíneo (R) ou curvilíneo (C)) e em (acelerado (A), retardado (R) ou uniforme (U)).
No instante:
- t = 1 s, o sinal da aceleração escalar é negativo e o da velocidade escalar é positivo; logo, o movimento é retardado.
- t = 3 s, o sinal da aceleração escalar e o da velocidade escalar são negativos; logo, o movimento é acelerado.

c) Caracterize a aceleração vetorial no instante t = 1 s.
Como o movimento é retilíneo, a aceleração centrípeta é zero. De acordo com o enunciado, a aceleração escalar é constante. Assim:

$$\gamma = a_T = |a| = 10 \text{ m/s}^2$$

A direção é vertical e o sentido para baixo.
Observação: Desejamos que o aluno seja capaz de, dada uma situação-problema, indicar a velocidade vetorial, a aceleração vetorial, as forças e a resultante.
Sugerimos comentar que, durante a subida, a velocidade tem sentido para cima e peso para baixo. As forças nem sempre indicam o sentido do movimento. A única grandeza que indica o sentido do movimento é a velocidade.

5 Após comparar todas as grandezas físicas associadas a essa situação, assinale a alternativa correta.

a) No instante 4 s, a intensidade do peso é 20 N e a intensidade da velocidade vetorial instantânea é −10 m/s; logo, o peso é mais intenso que a velocidade.

b) No instante 1 s, o peso é 20 N e a intensidade da velocidade vetorial instantânea é 10 m/s; logo, o peso é mais intenso que a velocidade.

c) No instante 1 s, a resultante é 10 N, vertical e para baixo.

d) No instante 3 s, a resultante é 30 N, vertical e para baixo.

▶ e) Durante todo o movimento a resultante das forças apresenta intensidade 20 N, direção vertical e sentido para baixo.
– Não podemos comparar a velocidade com o peso, pois são grandezas distintas.
– Não podemos somar vetorialmente a velocidade com o peso, pois são grandezas distintas.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 1 a 4 do capítulo 6 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

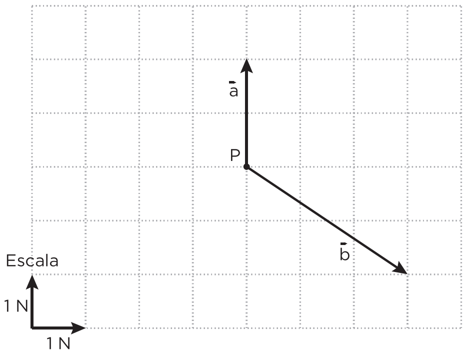
- Leia o capítulo 6 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 5 a 7 do capítulo 6 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

- Faça as questões 8 a 10 do capítulo 6 de *Dinâmica Newtoniana* do *Caderno de Estudos*.

EXTRAS!

1 (Vunesp)

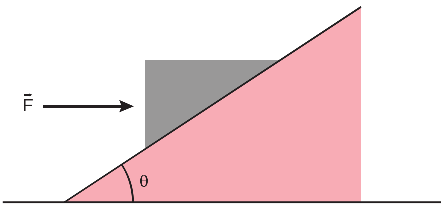


A figura mostra, em escala, duas forças $\vec{a}$ e $\vec{b}$, atuando num ponto material P. Reproduza a figura, juntamente com o quadriculado em sua folha de respostas.

a) Represente na figura reproduzida a força $\vec{R}$, resultante das forças $\vec{a}$ e $\vec{b}$, e determine o valor de seu módulo em newtons.

b) Represente também, na mesma figura, o vetor $\vec{c}$, de tal modo que $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = \vec{0}$.

2 Uma cunha é colocada sobre um prisma, que lhe serve de plano inclinado. Não há atrito trocado entre as superfícies da cunha e do prisma. O peso que a Terra aplica na cunha é de 30 N.



Para um único valor de F, no caso 50 N, a cunha não escorrega sobre o plano inclinado. Nessa situação, a resultante das forças apresenta apenas componente horizontal e sentido para a direita. Pede-se:

a) A intensidade da força trocada entre a cunha e o plano inclinado.

b) A intensidade da resultante das forças na cunha.

Note e adote:
$\cos \theta = 0{,}8$
$\text{sen } \theta = 0{,}6$