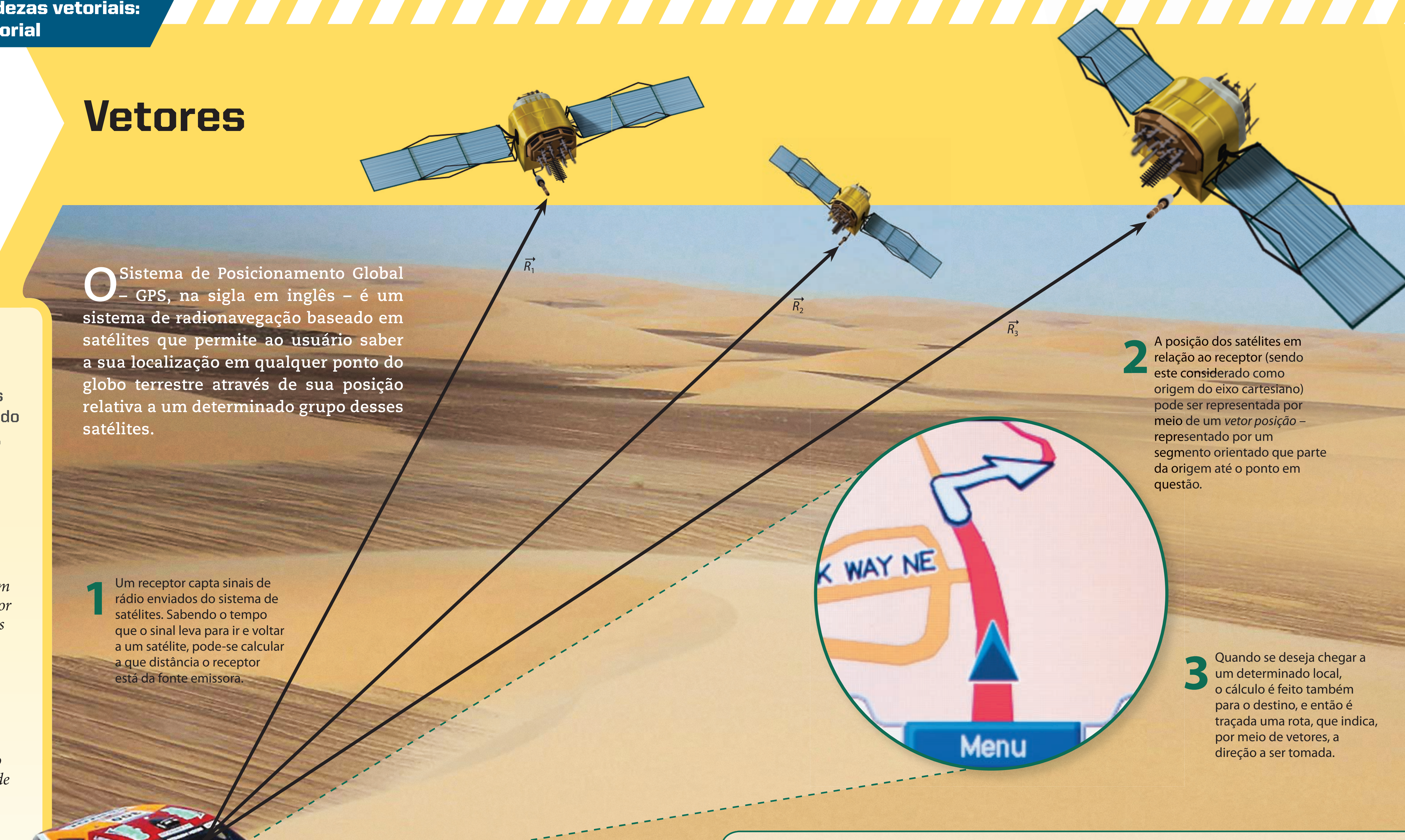
Capítulo
7

Vetores

Os vetores são entes matemáticos amplamente utilizados em Física. Eles representam grandezas que só ficam definidas quando são conhecidos seu módulo, sua direção e seu sentido. Grandezas desse tipo são denominadas grandezas vetoriais.

O Sistema de Posicionamento Global – GPS, na sigla em inglês – é um sistema de radionavegação baseado em satélites que permite ao usuário saber a sua localização em qualquer ponto do globo terrestre através de sua posição relativa a um determinado grupo desses satélites.



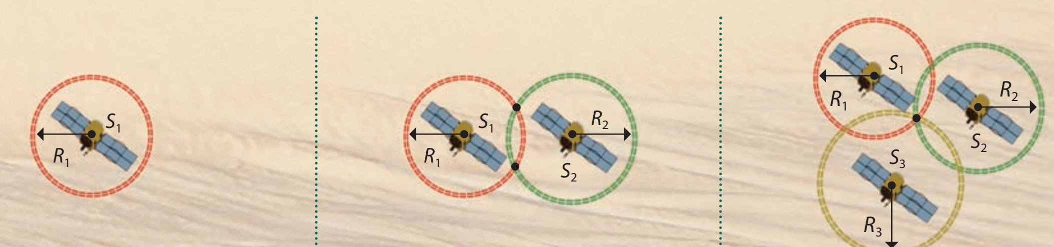
1 Um receptor capta sinais de rádio enviados do sistema de satélites. Sabendo o tempo que o sinal leva para ir e voltar a um satélite, pode-se calcular a que distância o receptor está da fonte emissora.

2 A posição dos satélites em relação ao receptor (sendo este considerado como origem do eixo cartesiano) pode ser representada por meio de um *vetor posição* – representado por um segmento orientado que parte da origem até o ponto em questão.

3 Quando se deseja chegar a um determinado local, o cálculo é feito também para o destino, e então é traçada uma rota, que indica, por meio de vetores, a direção a ser tomada.

Como é feita a localização

São necessários no mínimo 3 satélites para uma localização exata do receptor. Um quarto satélite faz o ajuste do tempo.



Sendo R_1 a distância do receptor ao primeiro satélite. O receptor pode estar em qualquer ponto da circunferência de centro neste satélite.

Um segundo satélite encontra uma distância R_2 do receptor: a posição fica restrita a dois pontos (as intersecções das duas circunferências).

Com o cálculo da distância R_3 do receptor ao terceiro satélite, sua posição é encontrada na intersecção das três circunferências centradas nos satélites.

Seção 7.1

Introdução

Objetivos

- Diferenciar grandezas escalares de grandezas vetoriais.
- Distinguir os conceitos de direção e de sentido.

Termos e conceitos

- grandezas escalares
- grandezas vetoriais

Considere um feixe de retas paralelas a uma dada reta *r* (**fig. 1**).

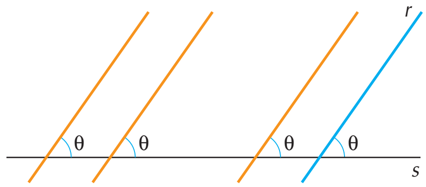


Figura 1.

O ângulo θ que as retas do feixe formam com a reta *s* determina a direção de *r* e de todas as retas paralelas a *r*. Sendo assim, **direção é o que há de comum num feixe de retas paralelas**.

Numa mesma direção podemos ter **dois sentidos** possíveis. Por exemplo, na direção horizontal, temos o sentido da esquerda para a direita e o da direita para a esquerda; na direção vertical, temos o sentido de cima para baixo e o de baixo para cima. É muito comum o uso de placas indicativas, que fornecem direções e sentidos de vários destinos, como mostra a foto ao lado.

Grandezas escalares e grandezas vetoriais

Muitas grandezas ficam perfeitamente definidas quando conhecemos seu valor numérico e a correspondente unidade. Tais grandezas são denominadas **grandezas escalares**. É o caso, por exemplo, da massa e do volume de um corpo. Quando dizemos que a massa de um corpo é igual a 20 kg e que seu volume é de 10 litros, nada mais precisamos acrescentar para definir essas grandezas.

Existem, porém, grandezas que, além do valor numérico e da unidade, necessitam de direção e sentido para que fiquem definidas. Por exemplo, a distância em linha reta de São Paulo a Belo Horizonte é de aproximadamente 510 km (**fig. 2A**). Para chegarmos a Belo Horizonte partindo de São Paulo, devemos percorrer aproximadamente 510 km na direção sudoeste-nordeste, no sentido de sudoeste para nordeste. Grandezas que necessitam, além do valor numérico e da unidade, de direção e de sentido para serem definidas são chamadas **grandezas vetoriais**, sendo representadas matematicamente por **vetores**.

O deslocamento entre dois pontos é uma grandeza vetorial. Um vetor pode ser representado como na **figura 2B**, por meio de um segmento orientado.

Figura 2A. A localização de São Paulo e Belo Horizonte no mapa.

Figura 2B. A representação vetorial do deslocamento de São Paulo a Belo Horizonte.

Seção 7.2

Vetores

Objetivos

- Definir vetor.
- Identificar vetores iguais e vetores diferentes.

Termos e conceitos

- módulo
- direção
- sentido
- vetor

Os segmentos orientados da **figura 3** têm o mesmo comprimento e, por serem paralelos, têm a mesma direção. Têm ainda o mesmo sentido.

Vetor* é o ente matemático caracterizado pelo que há de comum ao conjunto dos segmentos orientados acima descrito: o mesmo comprimento, a mesma direção e o mesmo sentido. O comprimento comum dos segmentos orientados é chamado **módulo** do vetor. Assim, um vetor possui módulo, direção e sentido.

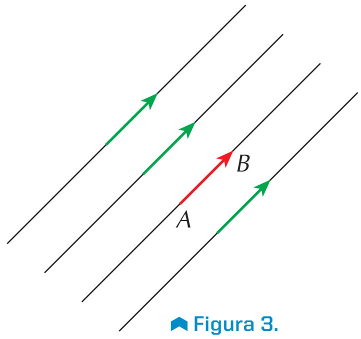


Figura 3.

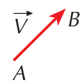


Figura 4.

Notação $\begin{cases} \text{vetor: } \vec{V} \\ \text{módulo do vetor: } |\vec{V}| \text{ ou } V \end{cases}$

Representa-se o vetor por um segmento orientado, como o segmento orientado $\overrightarrow{AB}$ da **figura 4**: A é a origem e B é a extremidade. O comprimento de A até B representa o módulo do vetor, de acordo com a escala adotada para a representação gráfica.

Dois vetores são iguais quando têm mesmo módulo, mesma direção e mesmo sentido. Portanto, nas **figuras 3 e 4**, $\overrightarrow{AB}$ representa um único vetor.

Dois vetores são diferentes quando têm ao menos um desses elementos diferente. A grandeza física vetorial representada graficamente na **figura 5** em três instantes distintos está variando porque os vetores têm direções diferentes, ainda que tenham o mesmo módulo. Assim, uma grandeza vetorial varia quando variar ao menos um dos três elementos do vetor que a representa: o módulo, o sentido ou a direção (**fig. 6**).

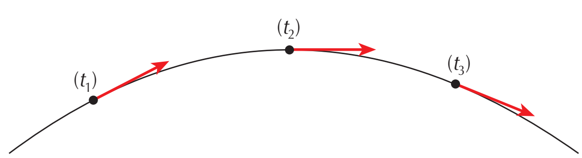


Figura 5.

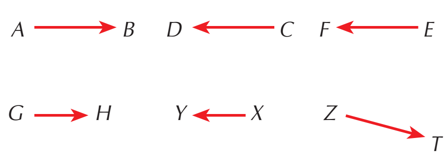


Figura 6.

$\overrightarrow{AB} \neq \overrightarrow{CD}$ (sentidos opostos)

$\overrightarrow{AB} \neq \overrightarrow{GH}$ (módulos diferentes)

$\overrightarrow{AB} \neq \overrightarrow{ZT}$ (direções diferentes)

Mas: $|\overrightarrow{AB}| = |\overrightarrow{CD}| = |\overrightarrow{EF}| = |\overrightarrow{ZT}|$

* **Vetor** é um termo que provém do latim *vector* (condutor). Com esse significado ainda é utilizado em Biologia: "o vetor transmissor de uma doença" significa "o agente condutor da doença".

Seção 7.3

Operações com vetores

Objetivos

- Diferenciar soma algébrica de soma vetorial.
- Utilizar as formas gráficas de adição vetorial.
- Caracterizar o vetor oposto de um vetor.
- Utilizar as regras gráficas de subtração vetorial.
- Conceituar o produto de um número real por um vetor.
- Definir as componentes ou projeções dos vetores nos eixos *x* e *y*.

Termos e conceitos

- **vetor soma**
- **vetor diferença**
- **diagonal**
- **paralelogramo**
- **vetor nulo**
- **vetor componente**
- **projeção do vetor**

1 Adição vetorial

Considere os vetores $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$ representados respectivamente pelos segmentos orientados $\overrightarrow{AB}$ e $\overrightarrow{BC}$, com o ponto *B* em comum (**fig. 7**). O vetor $\vec{V}_S$, representado pelo segmento orientado $\overrightarrow{AC}$, cuja origem *A* é a origem do primeiro e a extremidade *C* é a extremidade do segundo, é denominado **vetor soma** dos vetores $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$ e se indica por:

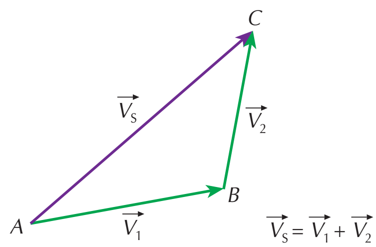


Figura 7.

$$\vec{V}_S = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$

Observe que a igualdade anterior é vetorial, diferente portanto das igualdades algébricas a que você está habituado. Na **figura 7**, o módulo do vetor $\vec{V}_S$ não é igual à soma dos módulos dos vetores $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$. Portanto: $V_S \neq V_1 + V_2$.

Essa regra gráfica de operação se aplica quando os segmentos orientados que representam os vetores que se deseja somar são consecutivos (ponto *B* em comum). Quando não o forem, os vetores devem ser deslocados por translação até que se tornem consecutivos, aplicando-se então a regra (**fig. 8**). A ordem de colocação não altera o resultado final.

Essa regra vale para dois ou mais vetores (**fig. 9**). Os vetores podem ter a mesma direção (**fig. 10**) ou direções diferentes formando uma linha poligonal (**figs. 7, 8 e 9**).

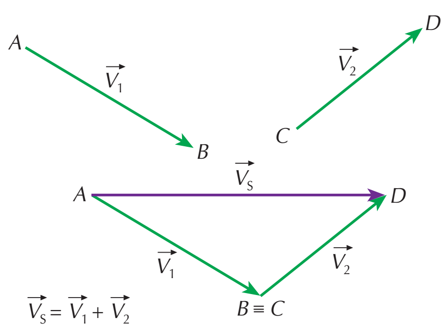


Figura 8.

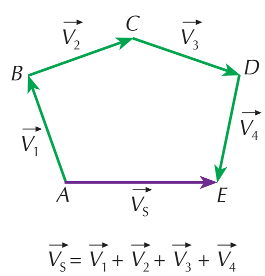


Figura 9.

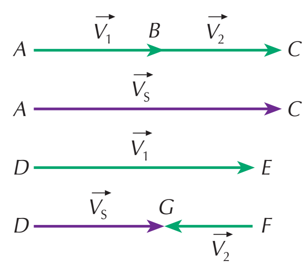


Figura 10.

Entre na rede No endereço eletrônico http://www.walter-fendt.de/ph11br/resultant_br.htm (acesso em junho/2009), você pode fazer a adição de vetores, variando o número de vetores, o módulo e o ângulo entre eles.

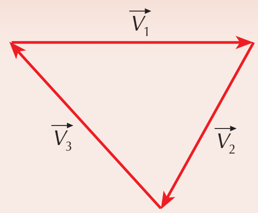
Note, na **figura 11B**, que o **vetor soma** $\vec{V}_S = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$ é representado pela **diagonal** de um paralelogramo, cujos lados são representações dos vetores $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$. Temos assim a chamada **regra do paralelogramo** da adição de vetores, equivalente à regra gráfica de torná-los consecutivos (**fig. 11A**).

Figura 11.

Observação

Quando os segmentos orientados que representam os vetores formam uma linha poligonal fechada (a extremidade do último segmento orientado coincide com a origem do primeiro), o vetor soma é denominado vetor nulo e é indicado por $\vec{0}$.

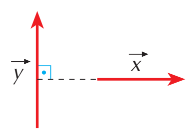
O módulo do vetor nulo é zero.



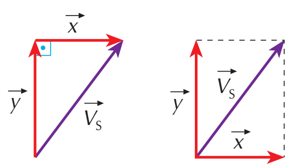
$$\vec{V}_S = \vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \vec{V}_3 = \vec{0}$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

R. 51 São dados os vetores $\vec{x}$ e $\vec{y}$ de módulos $x = 3$ e $y = 4$. Determine graficamente o vetor soma $\vec{V}_S$ e calcule o seu módulo.



Solução:
Podemos aplicar a regra dos vetores consecutivos ou a regra do paralelogramo para obter graficamente o vetor soma $\vec{V}_S$.



Para calcular o módulo do vetor soma $\vec{V}_S$ podemos usar o teorema de Pitágoras, uma vez que $\vec{x}$, $\vec{y}$ e $\vec{V}_S$ constituem os lados de um triângulo retângulo.

$$V_S^2 = x^2 + y^2 \Rightarrow V_S^2 = 3^2 + 4^2 \Rightarrow$$

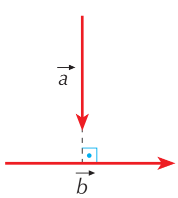
$$\Rightarrow V_S^2 = 9 + 16 = 25 \Rightarrow \boxed{V_S = 5}$$

Observe que, para o cálculo do módulo de um vetor, consideramos apenas a solução positiva da equação.

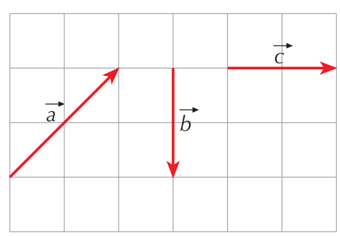
Resposta: 5

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

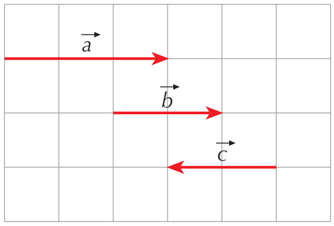
P. 133 Dados os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$, cujos módulos valem, respectivamente, 6 e 8, determine graficamente o vetor soma e calcule o seu módulo.



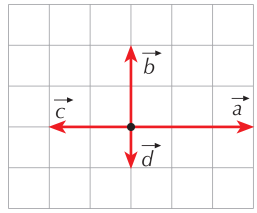
P. 134 Dados os vetores $\vec{a}$, $\vec{b}$ e $\vec{c}$, represente graficamente os seguintes vetores: $\vec{a} + \vec{b}$; $\vec{a} + \vec{c}$; $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$.



P. 135 Determine o módulo dos vetores $\vec{a} + \vec{b}$ e $\vec{a} + \vec{c}$. O lado de cada quadradinho mede uma unidade.



P. 136 Considere os vetores $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ e $\vec{d}$ da figura abaixo. Determine graficamente o vetor soma $(\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d})$ e calcule o seu módulo. Sabe-se que o lado de cada quadradinho mede uma unidade.



2 Vetor oposto

Chama-se **vetor oposto** de um vetor $\vec{V}$ o vetor $-\vec{V}$ que possui o mesmo módulo, a mesma direção e sentido oposto ao de $\vec{V}$ (**fig. 12**).

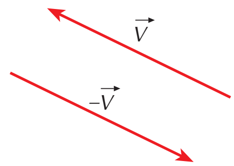
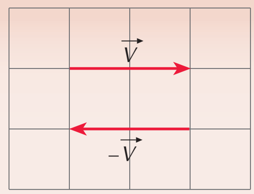


Figura 12.

Observação

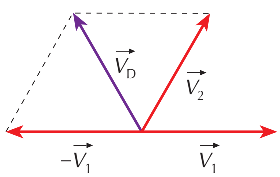
O vetor soma $\vec{V}_S$ de um vetor $\vec{V}$ com seu oposto $-\vec{V}$ é o vetor nulo:

$$\vec{V}_S = \vec{V} + (-\vec{V}) = \vec{0}$$



3 Subtração vetorial

Considere os vetores $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$ e a operação $\vec{V}_D = \vec{V}_2 - \vec{V}_1 = \vec{V}_2 + (-\vec{V}_1)$. O vetor $\vec{V}_D$ é a diferença entre os vetores $\vec{V}_2$ e $\vec{V}_1$, nessa ordem. Portanto, para subtrair $\vec{V}_1$ de $\vec{V}_2$, deve-se adicionar $\vec{V}_2$ ao oposto de $\vec{V}_1$ (**fig. 13**).



$\vec{V}_D = \vec{V}_2 - \vec{V}_1 = \vec{V}_2 + (-\vec{V}_1)$

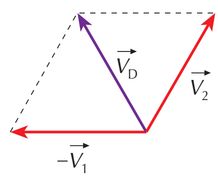
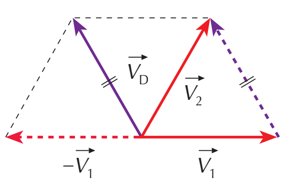


Figura 13.

O vetor diferença $\vec{V}_D = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$ pode ser obtido diretamente, ligando-se as extremidades dos segmentos orientados que representam $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$ no sentido de $\vec{V}_1$ para $\vec{V}_2$ (**fig. 14**).



$\vec{V}_D = \vec{V}_2 - \vec{V}_1 = \vec{V}_2 + (-\vec{V}_1)$

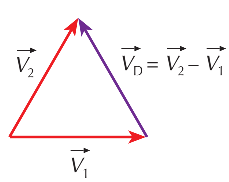
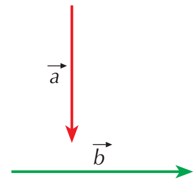


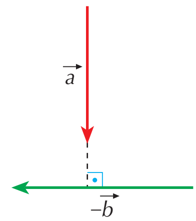
Figura 14.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

R. 52 Dados os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$, cujos módulos valem, respectivamente, 6 e 8, determine graficamente o vetor diferença $\vec{V}_D = \vec{a} - \vec{b}$ e calcule o seu módulo.



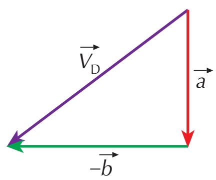
Solução:
A operação $\vec{V}_D = \vec{a} - \vec{b}$ é equivalente a $\vec{V}_D = \vec{a} + (-\vec{b})$. Então, ao vetor $\vec{a}$ devemos somar o vetor oposto de $\vec{b}$, isto é, $-\vec{b}$:

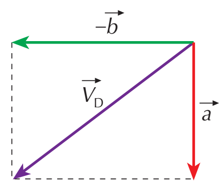


Sendo os módulos $a = 6$ e $b = 8$, podemos calcular o módulo do vetor diferença aplicando o teorema de Pitágoras ao triângulo retângulo formado pelos vetores $\vec{a}$, $-\vec{b}$ e $\vec{V}_D$:

$$V_D^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow V_D^2 = 6^2 + 8^2 \Rightarrow V_D^2 = 36 + 64 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_D^2 = 100 \Rightarrow \boxed{V_D = 10}$$

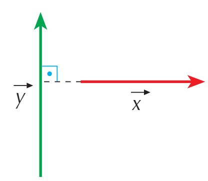




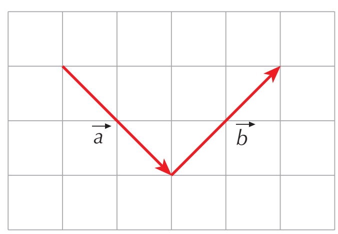
Resposta: 10

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

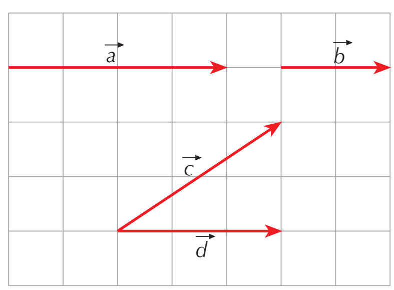
P. 137 São dados os vetores $\vec{x}$ e $\vec{y}$ de módulos $x = 3$ e $y = 4$. Determine graficamente o vetor diferença $\vec{V}_D = \vec{x} - \vec{y}$ e calcule o seu módulo.



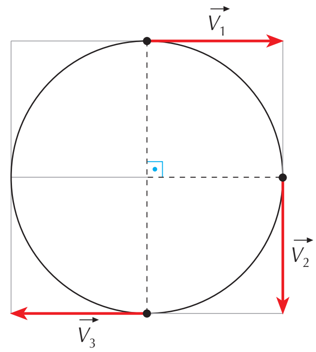
P. 138 Dados os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$, determine graficamente o vetor diferença $\vec{b} - \vec{a}$.



P. 139 Determine os módulos dos vetores $\vec{a} - \vec{b}$ e $\vec{c} - \vec{d}$. Sabe-se que o lado de cada quadradinho mede uma unidade.



P. 140 Represente graficamente os vetores diferença $\vec{V}_2 - \vec{V}_1$ e $\vec{V}_3 - \vec{V}_1$.



4 Produto de um número real por um vetor

Chama-se **produto de um número real *n* pelo vetor $\vec{V}$** o vetor:

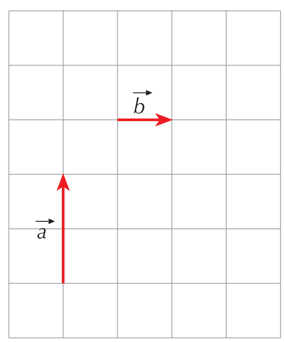
$\boxed{\vec{p} = n\vec{V}}$ tal que:
- **módulo:** $|\vec{p}| = |n| \cdot |\vec{V}|$ (produto dos módulos)
- **direção:** a mesma de $\vec{V}$ (é paralelo a $\vec{V}$), se $n \neq 0$
- **sentido:** de $\vec{V}$ se n é positivo; contrário a $\vec{V}$ se n é negativo (**fig. 15**)

Se $n = 0$, resulta $\vec{p} = \vec{0}$ (**vetor nulo**).

Figura 15.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

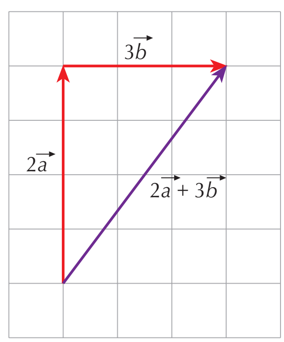
R. 53 Dados os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$, represente graficamente o vetor $2\vec{a} + 3\vec{b}$ e calcule seu módulo. Sabe-se que o lado de cada quadradinho mede uma unidade.



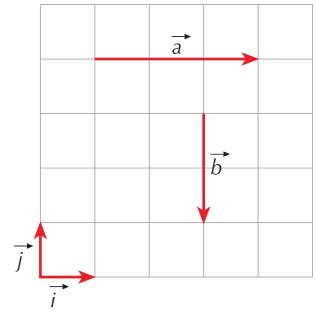
Solução:
O vetor $2\vec{a}$ tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor $\vec{a}$ e módulo duas vezes maior, isto é, seu módulo é 4. O vetor $3\vec{b}$ tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor $\vec{b}$ e módulo três vezes maior, isto é, seu módulo é 3. Na figura ao lado, representamos os vetores $2\vec{a}$, $3\vec{b}$ e $2\vec{a} + 3\vec{b}$. O módulo desse último vetor é igual a 5, de acordo com o teorema de Pitágoras:

$$|2\vec{a} + 3\vec{b}| = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5$$

Resposta: 5



R. 54 No gráfico estão representados os vetores $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{i}$ e $\vec{j}$. Determine as expressões de $\vec{a}$ e $\vec{b}$ em função de $\vec{i}$ e $\vec{j}$.



Solução:
O vetor $\vec{a}$ tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor $\vec{i}$ e módulo três vezes maior.

Portanto: $\boxed{\vec{a} = 3\vec{i}}$

O vetor $\vec{b}$ tem a mesma direção e sentido oposto ao vetor $\vec{j}$ e módulo duas vezes maior.

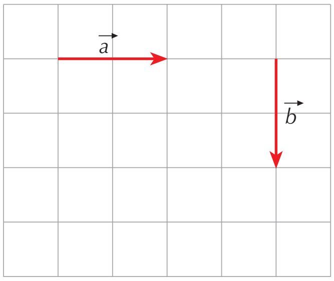
Portanto: $\boxed{\vec{b} = -2\vec{j}}$

Resposta: $\vec{a} = 3\vec{i}$; $\vec{b} = -2\vec{j}$

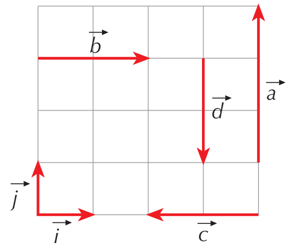
Observação:
Na escala dada, os módulos dos vetores $\vec{i}$ e $\vec{j}$ são iguais a uma unidade. Todo **vetor de módulo 1** (vetor unitário) recebe o nome de **versor**.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 141 Dados os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$, represente graficamente os vetores: $-\vec{a}$; $3\vec{b}$; $\vec{a} - \vec{b}$; $\vec{a} + 3\vec{b}$; $\vec{b} - \vec{a}$.



P. 142 No diagrama estão representados os vetores $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$, $\vec{d}$, $\vec{i}$ e $\vec{j}$. Determine as expressões de $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ e $\vec{d}$, em função de $\vec{i}$ e $\vec{j}$.



Componentes de um vetor

Objetivos

- Definir as componentes ou projeções dos vetores nos eixos x e y.
- Identificar o módulo, a direção e o sentido dos vetores componentes de um vetor nos eixos x e y do plano cartesiano.

Termos e conceitos

- **vetor componente**
- **projeção do vetor**

Considere o vetor $\vec{V}$ representado pelo segmento orientado $\overrightarrow{AB}$ e o eixo x (**fig. 16**). Sejam A' e B' as projeções ortogonais de A e B sobre o eixo x.

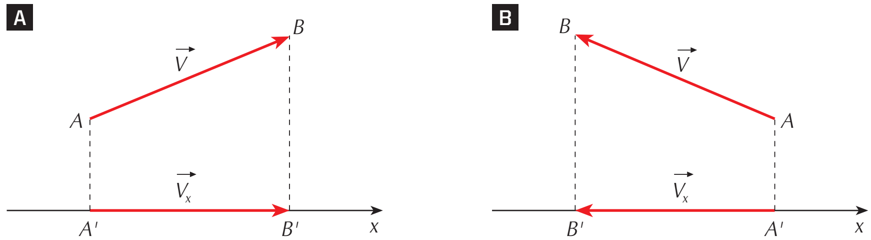


Figura 16.

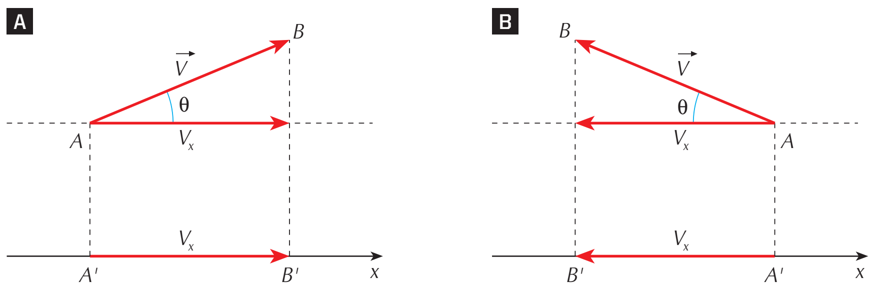
O vetor $\vec{V}_x$ representado pelo segmento orientado $\overrightarrow{A'B'}$ é denominado **vetor componente do vetor $\vec{V}$ no eixo x**.

Chamemos de V_x a medida algébrica do segmento orientado $\overrightarrow{A'B'}$. O sinal de V_x será:

- ⊕ se o sentido de $\overrightarrow{A'B'}$ for o mesmo do eixo x (**fig. 16A**);
- ⊖ se o sentido de $\overrightarrow{A'B'}$ for contrário ao sentido do eixo x (**fig. 16B**).

V_x é denominado **componente do vetor $\vec{V}$ no eixo x,** ou **projeção de $\vec{V}$ em x.**

É frequente o uso de trigonometria (veja quadro na página seguinte) quando se utilizam vetores. Na **figura 17**, o ângulo θ é adjacente ao cateto cujo comprimento é $|V_x|$ e o módulo de $\vec{V}$ é a medida da hipotenusa; da definição do cosseno obtemos V_x.



$V_x = +V \cdot \cos\theta$ $\qquad$ $V_x = -V \cdot \cos\theta$

Figura 17.

A projeção da sombra da haste indica o horário no relógio de sol.

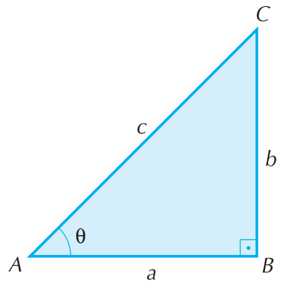
Elementos de trigonometria

$\text{sen } \theta = \dfrac{b}{c} \Rightarrow b = c \cdot \text{sen } \theta$

A medida de um cateto é igual à medida da hipotenusa multiplicada pelo seno do ângulo oposto a esse cateto.

$\cos \theta = \dfrac{a}{c} \Rightarrow a = c \cdot \cos \theta$

A medida de um cateto é igual à medida da hipotenusa multiplicada pelo cosseno do ângulo adjacente a esse cateto.



Na **figura 18** indicamos os vetores componentes $\vec{V}_x$ e $\vec{V}_y$ do vetor $\vec{V}$ nos eixos x e y de um plano cartesiano. Desse modo, escrevemos: $\vec{V} = \vec{V}_x + \vec{V}_y$.

Observe nesse caso que as componentes serão:

$$\boxed{V_x = V \cdot \cos \theta \quad \text{e} \quad V_y = V \cdot \text{sen } \theta}$$

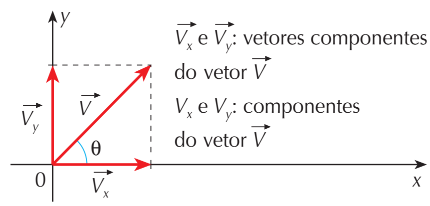
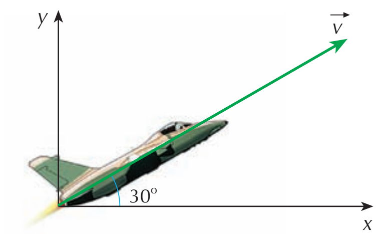


Figura 18.

Conteúdo digital Moderna PLUS http://www.modernaplus.com.br
Simulador: *Vetores*

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 55 Um avião sobe com velocidade de 200 m/s e com 30° de inclinação em relação à horizontal, conforme a figura. Determine as componentes da velocidade na horizontal (eixo x) e na vertical (eixo y).
São dados: sen 30° = 0,500 e cos 30° = 0,866.



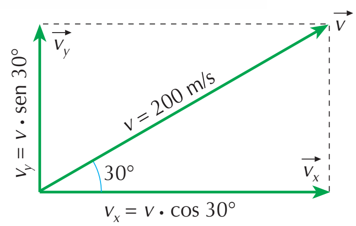
Solução:
Na figura temos os vetores componentes $\vec{v}_x$ e $\vec{v}_y$.
Componente horizontal:

$v_x = v \cdot \cos 30° \Rightarrow v_x = 200 \cdot 0{,}866 \Rightarrow \boxed{v_x = 173{,}2 \text{ m/s}}$

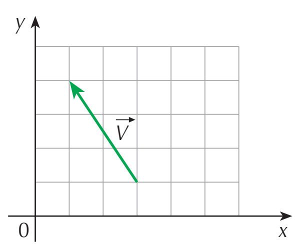
Componente vertical:

$v_y = v \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow v_y = 200 \cdot 0{,}500 \Rightarrow \boxed{v_y = 100 \text{ m/s}}$

Resposta: 173,2 m/s; 100 m/s

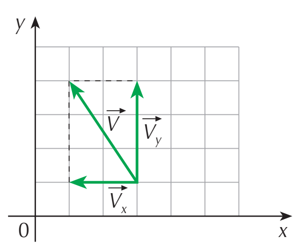


R. 56 Determine as componentes do vetor $\vec{V}$ segundo os eixos x e y.
O lado de cada quadradinho mede uma unidade.



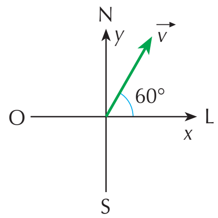
Solução:
Na figura ao lado representamos os vetores componentes $\vec{V}_x$ e $\vec{V}_y$ do vetor $\vec{V}$.
Como o sentido de $\vec{V}_x$ é contrário ao sentido do eixo x, concluímos que a componente V_x é igual a −2.
A componente V_y é igual a + 3. Note que $\vec{V}_y$ tem o mesmo sentido que o eixo y.

Respostas: $V_x = -2$; $V_y = +3$

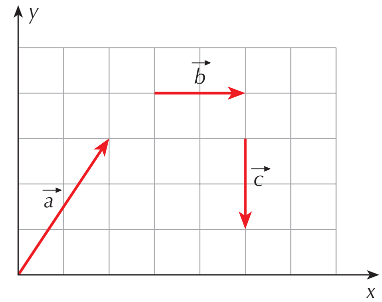


EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 143 Uma lancha se desloca numa direção que faz um ângulo de 60° com a direção leste-oeste, com velocidade de 50 m/s, conforme a figura. Determine as componentes da velocidade da lancha nas direções norte-sul (eixo y) e leste-oeste (eixo x).
São dados: sen 60° = 0,866 e cos 60° = 0,500.



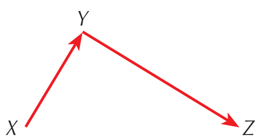
P. 144 Determine as componentes dos vetores $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ e $\vec{a} + \vec{b}$, segundo os eixos x e y. Sabe-se que o lado de cada quadradinho mede uma unidade.



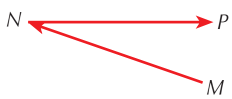
EXERCÍCIOS PROPOSTOS DE RECAPITULAÇÃO

P. 145 Represente o vetor soma dos seguintes vetores:

a)

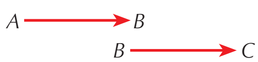


b)

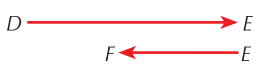


c)

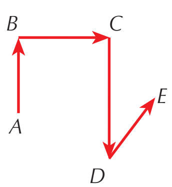
d)



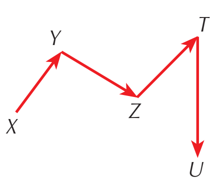
e)



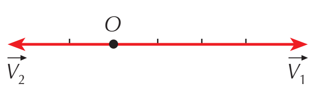
f)



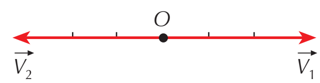
g)



h)

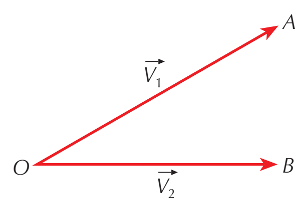


i)

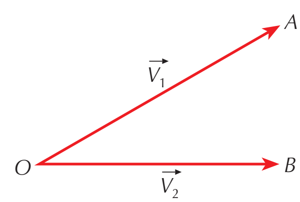


P. 146 Represente o vetor diferença em cada caso.

a) $\vec{V}_D = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$



b) $\vec{V}_D = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$



P. 147 (PUC-MG) Dados dois vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ de soma $\vec{S}$ e diferença $\vec{D} = \vec{a} - \vec{b}$, esboce, num só diagrama, as quatro grandezas vetoriais citadas.

P. 148 Dado o conjunto de vetores representado na figura, escreva uma relação entre eles na forma vetorial.