Física Geral

• Grandezas

Grandezas físicas possuem um valor numérico e significado físico.

O valor numérico é um múltiplo de um padrão tomado como unidade.

- Comprimento (m)
- Massa (kg)
- Tempo (s)
- Corrente elétrica (A)
- Quantidade da substância (mole)
- Temperatura (K)
- Intensidade luminosa (cd)

- **Grandezas direcionais**

São aquelas que além do valor numérico dependem de especificação espacial para serem completamente definidas.

Direção, sentido e módulo: grandezas vetoriais ou vetores.

- Deslocamento
- Velocidade (quantidade de movimento)
- Aceleração (força)
- Torque
- Campo elétrico
- Campo magnético

•Grandezas não direcionais

São aquelas completamente definidas apenas por um valor numérico.

Grandezas escalares ou escalares.

Exemplos:

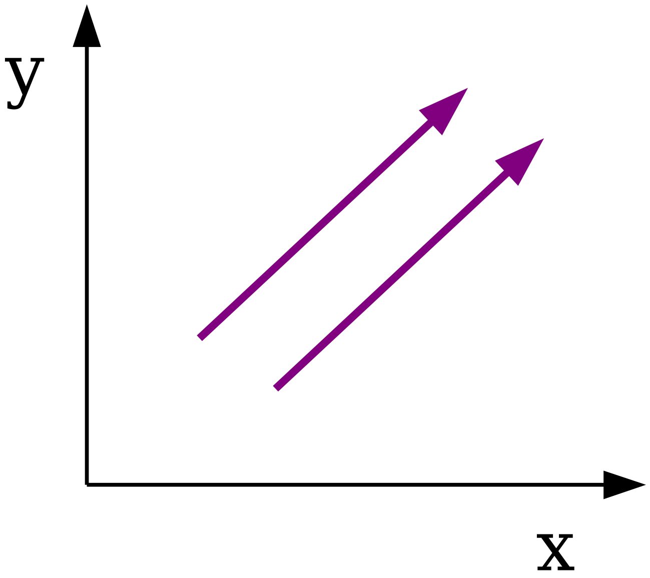
- Temperatura
- Massa
- Intensidade luminosa
- Corrente elétrica
- Tempo
- Energia

•Direção orientada

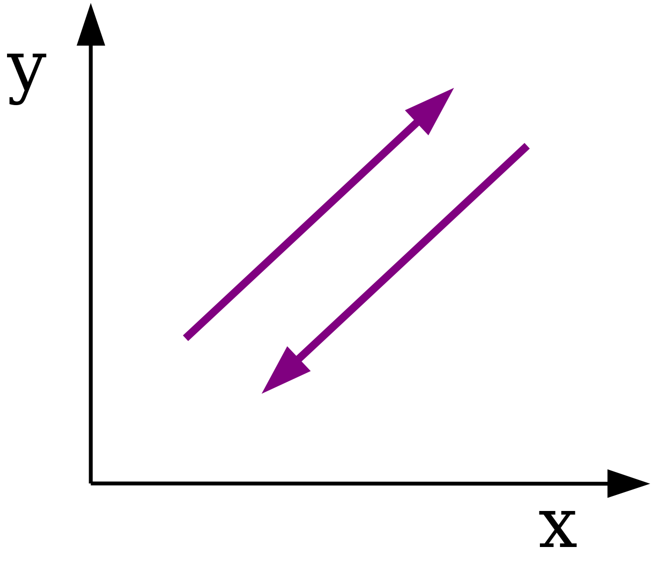
Convencionalmente,considera-se o deslocamento do ponto a para o ponto b, como positivo e do ponto b para o ponto a, negativo.

Segmento de reta orientada → eixo

Eixos coordenados orientados.



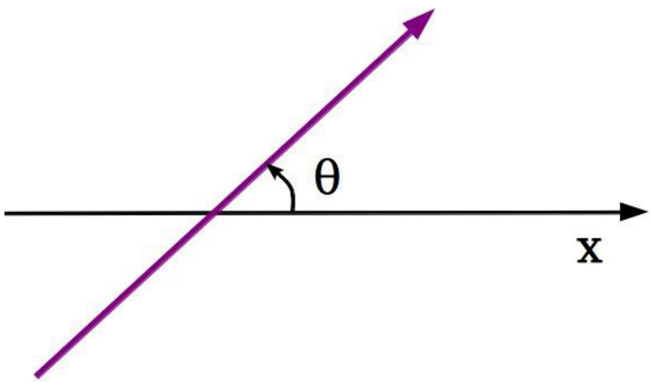
Mesmo sentido: direção orientada única

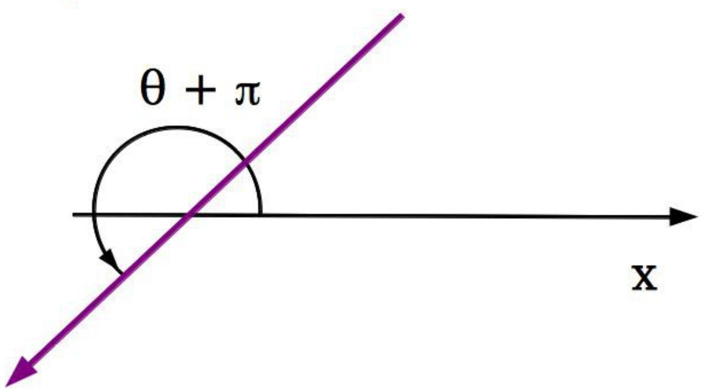


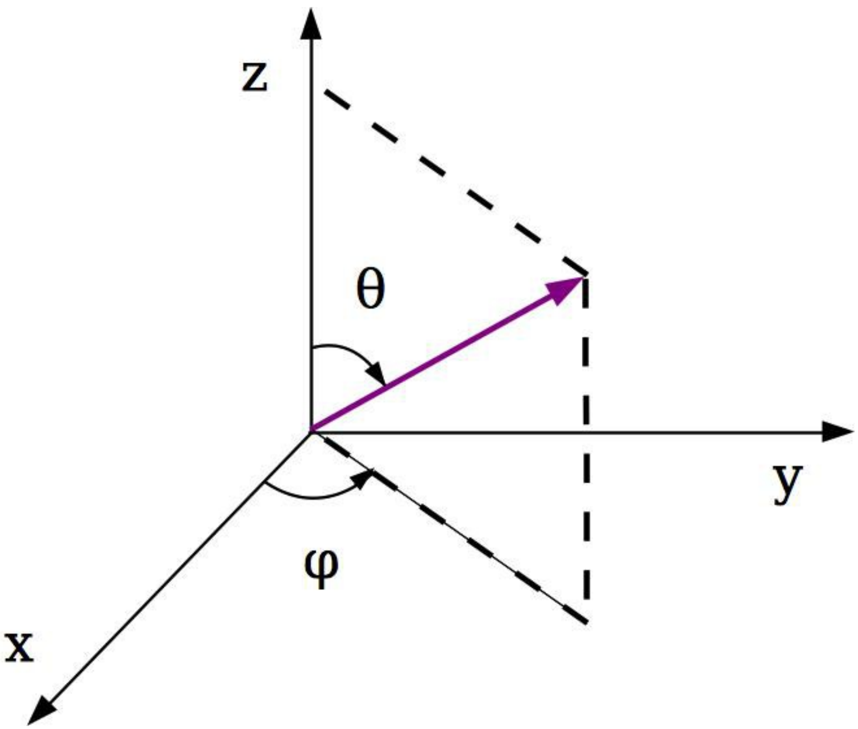
Sentidos opostos: direções orientadas em sentidos opostos

Sistema de coordenadas
No plano

Espaço bidimensional,
direção orientada definida
pelo ângulo θ com o eixo.



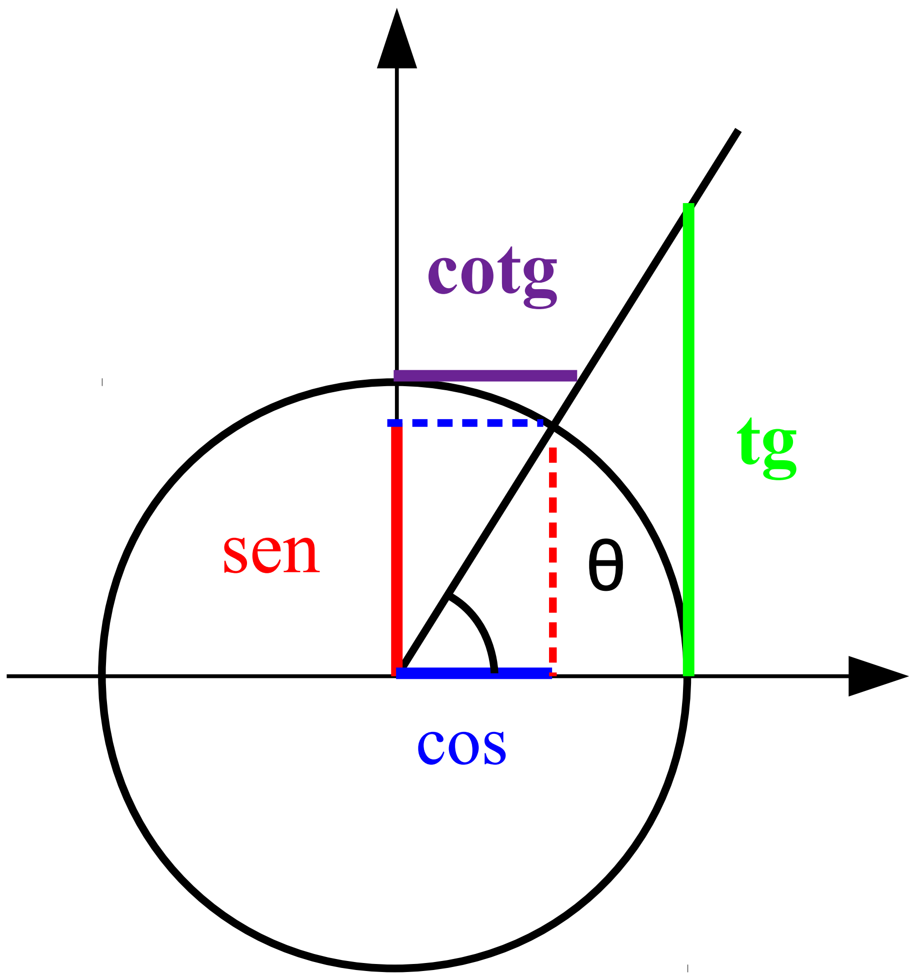




Sistema de coordenadas
no espaço tridimensional

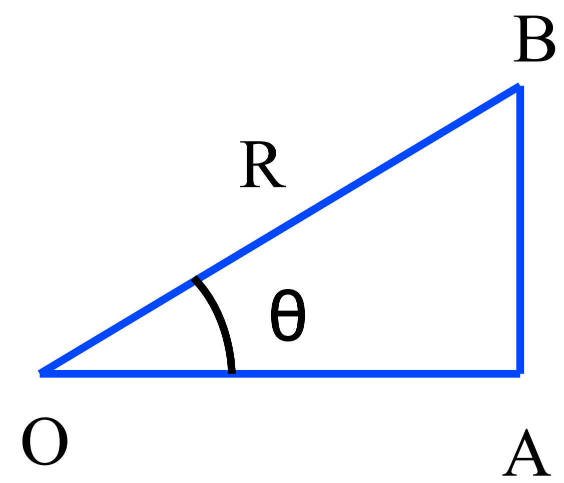
Espaço tridimensional,
direção orientada
definida pelos ângulos θ e φ.

Círculo trigonométrico



Raio do círculo = 1

$$\mathrm{sen}^2\theta + \cos^2\theta = 1$$



$$\mathrm{sen}\,\theta = \frac{AB}{R} \Rightarrow AB = R\,\mathrm{sen}\,\theta$$

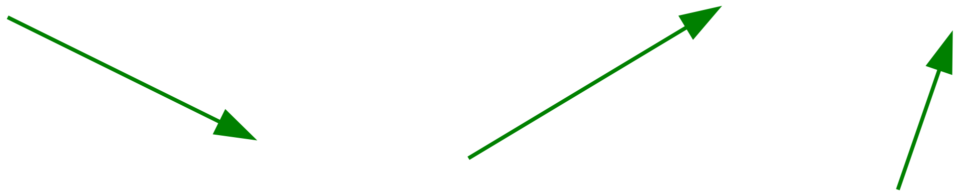
$$\cos\theta = \frac{OA}{R} \Rightarrow OA = R\cos\theta$$

$$\mathrm{Tg}\,\theta = \frac{AB}{OA}$$

•Vetores

Um vetor pode ser representado em modo gráfico ou escrito.

Modo gráfico: segmento de reta orientado com a mesma direção e sentido que o vetor considerado e cujo comprimento é proporcional à magnitude do mesmo.



Modo escrito: letra maiúscula ou minúscula em negrito (**A**, **B**, **a**, **b**) ou em itálico com uma flexa sobre a letra ($\vec{A}, \vec{B}, \vec{a}, \vec{b}$).

Módulo ou magnitude: A,B,a,b ou $|\vec{A}|, |\vec{B}|, |\vec{a}|, |\vec{b}|$

Vetor unitário é um vetor cujo módulo é a unidade.

$$|\hat{\boldsymbol{u}}| = 1 \quad \text{ou} \quad |\boldsymbol{u}| = 1$$

Qualquer vetor paralelo a um vetor unitário pode ser escrito como:

$$\mathbf{V} = \hat{\mathbf{u}}\, \mathrm{V} \quad \text{ou} \quad \overrightarrow{V} = \hat{\mathrm{u}}\, |\mathbf{V}|$$

Para vetores paralelos, podemos escrever:

$$\vec{\mathrm{V}} = \hat{\mathrm{u}}\, \mathrm{V} \ \text{ e } \ \vec{\mathrm{V}}' = \hat{\mathrm{u}}\, \mathrm{V}' \qquad \text{com} \quad \hat{\mathrm{u}} = \frac{\vec{\mathrm{V}}}{\mathrm{V}} \ \text{ e definindo } \ \lambda = \frac{\mathrm{V}'}{\mathrm{V}}$$

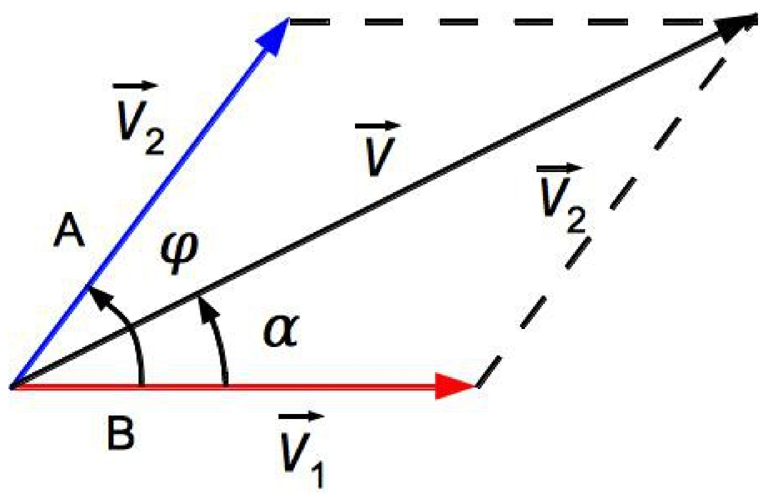
Portanto podemos relacionar os dois vetores:

$$\vec{V}\,' = \lambda\, \vec{V}$$

Soma entre vetores

- Regra do paralelogramo

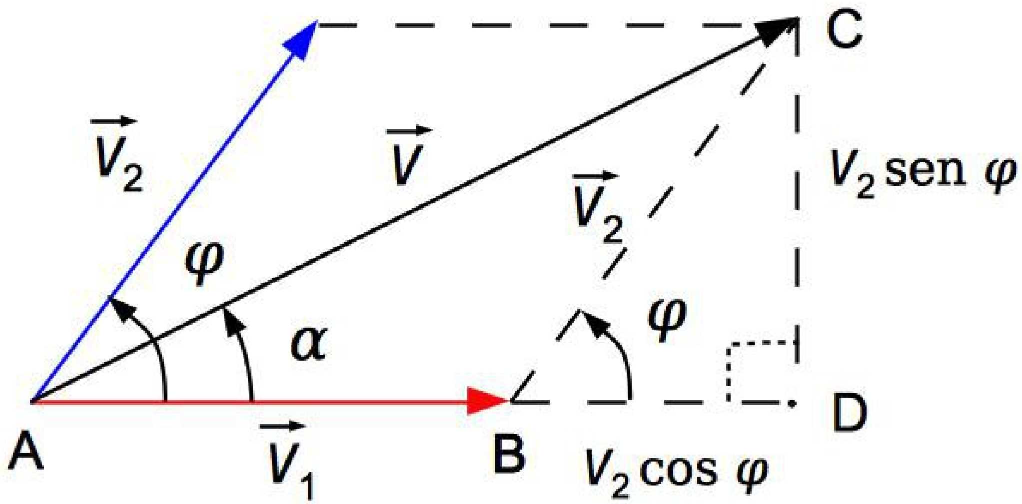
Método gráfico:a escala é escolhida tomando-se o comprimento de um segmento como unidade da intensidade do vetor e o paralelogramo é formado pelos dois vetores.



A diagonal adjacente aos lados A e B, representa o vetor resultante, V, soma dos vetores $\mathbf{V_1}$ e $\mathbf{V_2}$.

- Método trigonométrico

O vetor soma dos dois vetores, **V** = **V**$_1$ + **V**$_2$, é obtido usando-se a trigonometria. Vamos considerar o triângulo ACD da figura abaixo.



Pelo teorema de Pitágoras, temos:

$$\overline{AC}^2 = (\overline{AB} + \overline{BD})^2 + \overline{DC}^2$$

Reescrevendo em termos das componentes dos vetores

$$V^2 = (V_1 + V_2 \cos\varphi)^2 + (V_2 \operatorname{sen}\varphi)^2$$

Usando propriedades trigonométricas, rearranjamos a expressão para obter o módulo do vetor resultante V.

$$V^2 = V_1^2 + \left(V_2^2 \operatorname{sen}^2\varphi + V_2^2 \cos^2\varphi\right) + 2\,V_1\,V_2 \cos\varphi$$

$$V^2 = V_1^2 + V_2^2\left(\operatorname{sen}^2\varphi + \cos^2\varphi\right) + 2\,V_1\,V_2 \cos\varphi$$

Lei dos cossenos

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2\,V_1\,V_2 \cos\varphi}$$

Direção do vetor resultante

Visto que a grandeza é um vetor, precisamos determinar também sua direção.

A direção do vetor V, pode ser determinada pelo ângulo α entre ele e o vetor V_1.

A tangente de α é dada por:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{DC}{AD} = \frac{V_2 \operatorname{sen}\varphi}{V_1 + V_2\cos\varphi}$$

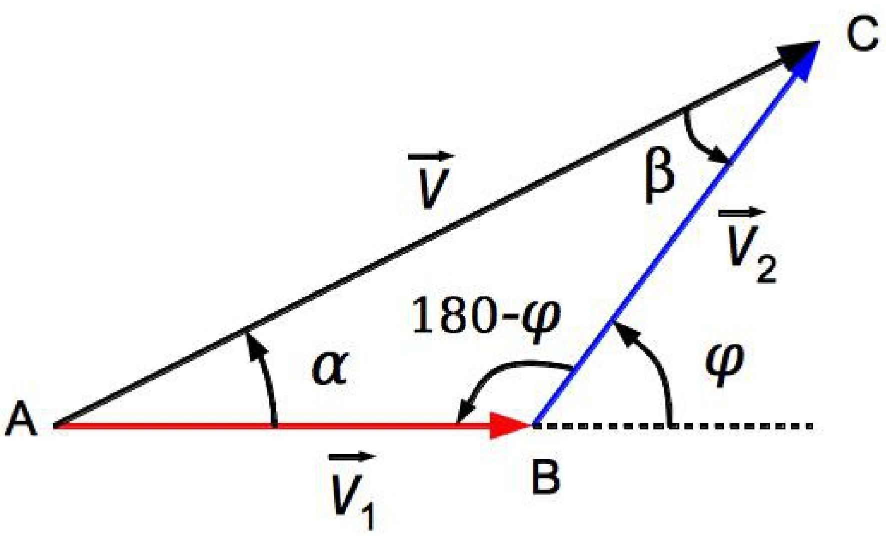
Portanto:

$$\alpha = \operatorname{arc\,tg}\frac{V_2 \operatorname{sen}\varphi}{V_1 + V_2\cos\varphi}$$

Direção do vetor resultante

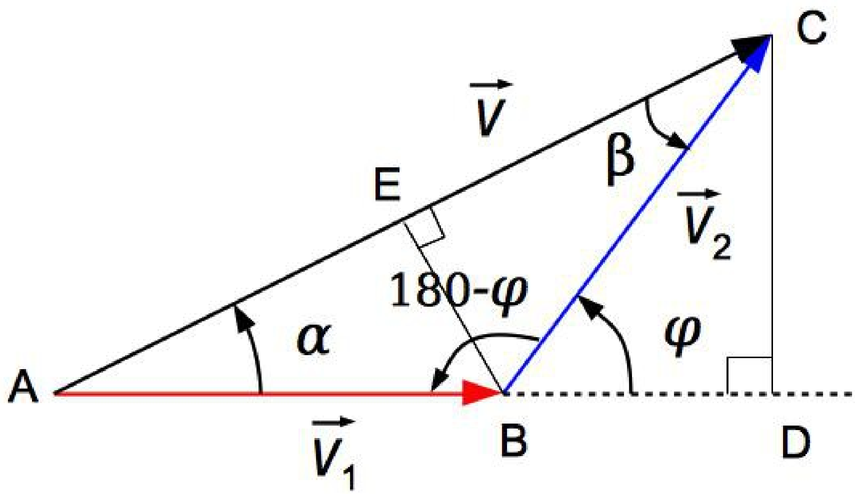
Outro método para determinar a direção do vetor resultante é usando a lei dos senos, isto é, a razão entre cada lado de um triângulo e o seno do ângulo oposto correspondente, é constante.

Considerando o triângulo ABC, formado pelos vetores $\mathbf{V_1}$, $\mathbf{V_2}$ e $\mathbf{V}$, temos:



$$\frac{\vec{V}_1}{\operatorname{sen}\beta} = \frac{\vec{V}_2}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{\vec{V}}{\operatorname{sen}(180-\varphi)}$$

Da figura podemos escrever:



$$CD = AC\,\mathrm{sen}\,\alpha = BC\,\mathrm{sen}\,\varphi$$
$$V\,\mathrm{sen}\,\alpha = V_2\,\mathrm{sen}\,\varphi$$

$$\frac{V}{\mathrm{sen}\,\varphi} = \frac{V_2}{\mathrm{sen}\,\alpha} \qquad (1)$$

O lado BE é comum aos triângulos ABE e CBE, então temos:

$$V_1\,\mathrm{sen}\,\alpha = V_2\,\mathrm{sen}\,\beta$$

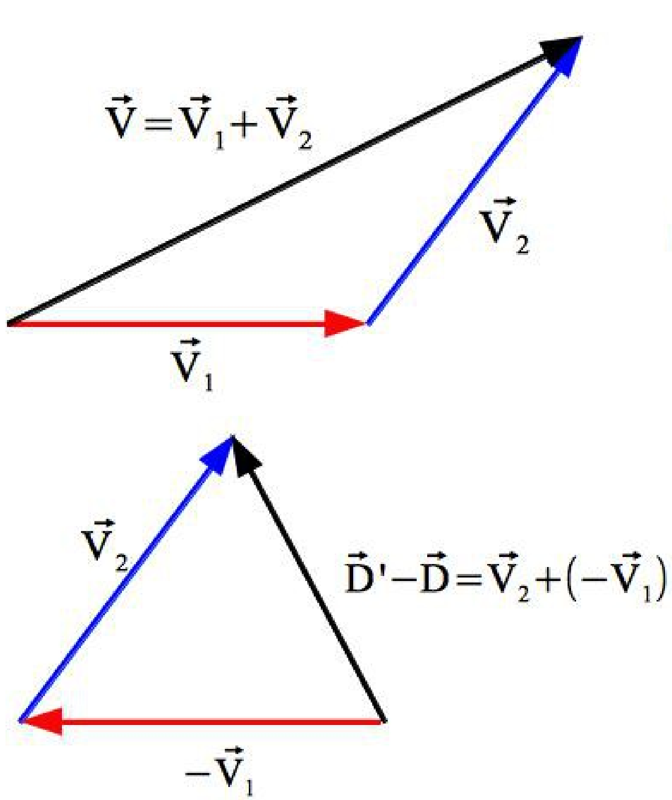
$$\frac{V_1}{\mathrm{sen}\,\beta} = \frac{V_2}{\mathrm{sen}\,\alpha} \qquad (2)$$

De (1) e (2), temos:

Lei dos senos

$$\frac{V}{\mathrm{sen}\,\varphi} = \frac{V_1}{\mathrm{sen}\,\beta} = \frac{V_2}{\mathrm{sen}\,\alpha}$$

Diferença entre vetores



Observe que D'= -D, ou seja, a diferença entre vetores é anticomutativa

Quando consideramos a diferença $D=\vec{V}_1-\vec{V}_2$,observamos que o ângulo entre os vetores é $\pi-\varphi$.

Partindo da lei dos cossenos, e considerando o ângulo entre os dois vetores temos:

$$D=\sqrt{v_1^2+V_2^2+2V_1V_2\cos(\pi-\varphi)}$$

$$D=\sqrt{v_1^2+V_2^2+2V_1V_2\cos\pi\cos\varphi-\operatorname{sen}\pi\operatorname{sen}\varphi}$$

$$D=\sqrt{v_1^2+V_2^2-2V_1V_2\cos\varphi}$$

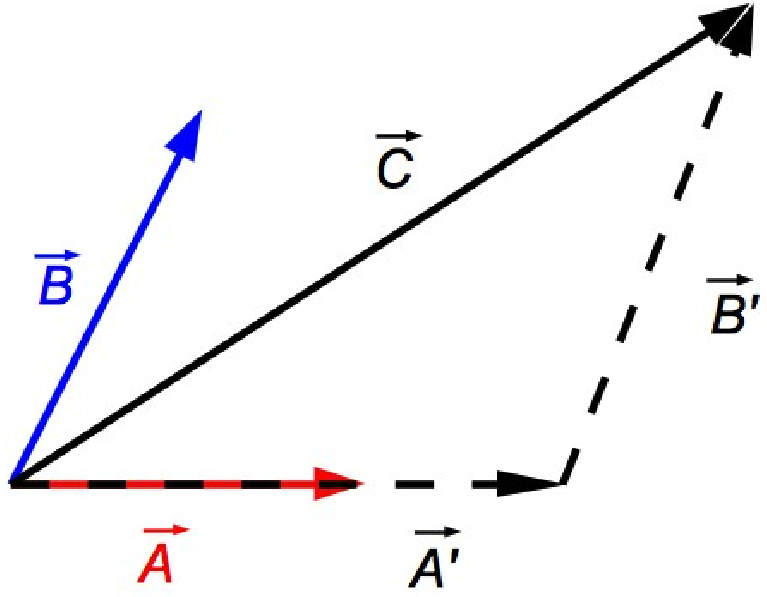
Multiplicação de um vetor por um escalar

- $m\vec{A}$ vetor paralelo e de mesma direção que $\vec{A}$.
- Mesmo sentido de $\vec{A}$ (m>0)
- Módulo $|m||\vec{A}| = |m|A$.

- Multiplicação de um vetor por um escalar

$$(m+n)\vec{A}=m\vec{A}+n\vec{A}$$

Vetores $\vec{A}$, $\vec{B}$ e $\vec{C}$ coplanares; **A** e **B** não são paralelos.



Vetor **B** *paralelo à* **B'**

Vetor **A** *paralelo à* **A'**

Vetor $\vec{C}$ – combinação linear dos vetores **A**e **B**.

$$\vec{C} = m\vec{A} + n\vec{B}$$
$$\vec{B}' = n\vec{B}$$
$$\vec{A}' = m\vec{A}$$

Existe A' e B' ou (m e n), tal que

$$\vec{C} = \vec{A}' + \vec{B}' = m\vec{A} + n\vec{B} \quad (1)$$

Suponha que existe outro par m' e n', tal que

$$\vec{C} = m'\vec{A} + n'\vec{B} \quad (2)$$

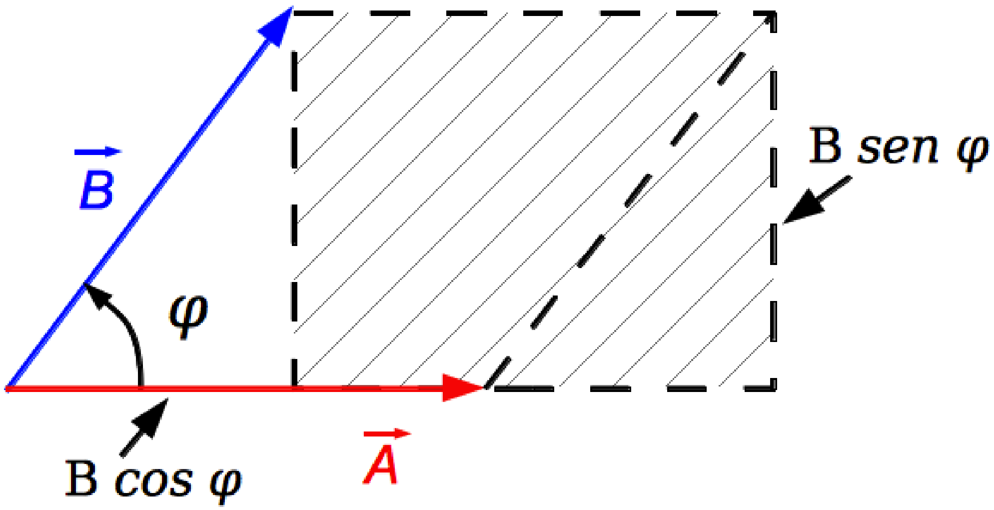
Subtraindo (1) de (2),

$$0 = (m - m')\vec{A} + (n - n')\vec{B}$$

Como por hipótese, A'e B'não são parelelos,

$$m - m' = 0 \quad \Rightarrow \quad m = m'$$
$$n - n' = 0 \quad \Rightarrow \quad n = n'$$

Produto escalar e produto vetorial



B sen φ ⟶ projeção de B na direção ortogonal à **A.**

B cos φ ⟶ projeção de **B** na direção de **A.**

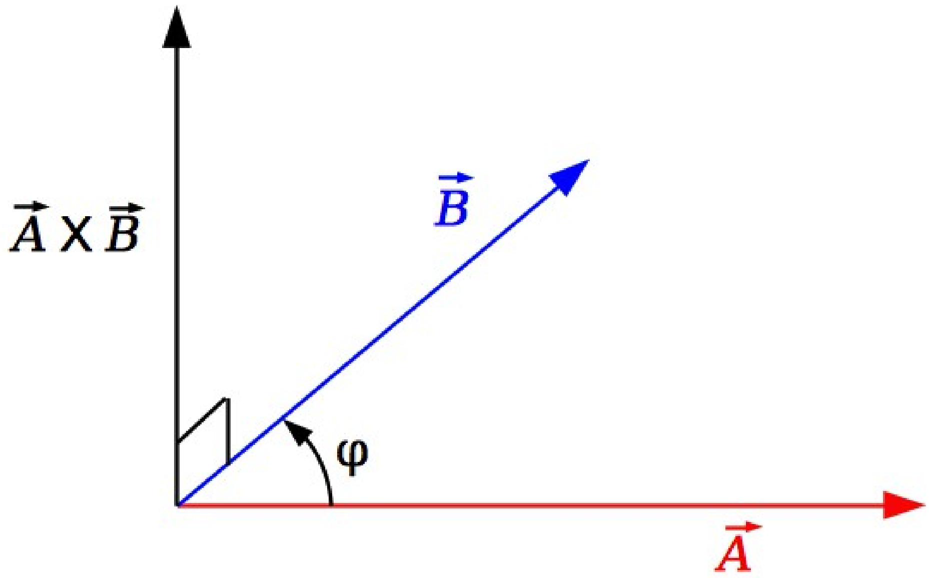
- Produto escalar de $\vec{A}$ por $\vec{B}$

$$\vec{A}.\vec{B}=AB\cos\varphi$$

(Projeção de **B** na direção de **A**) X (módulo de **A**)

- Produto vetorial de $\vec{A}$ por $\vec{B}$

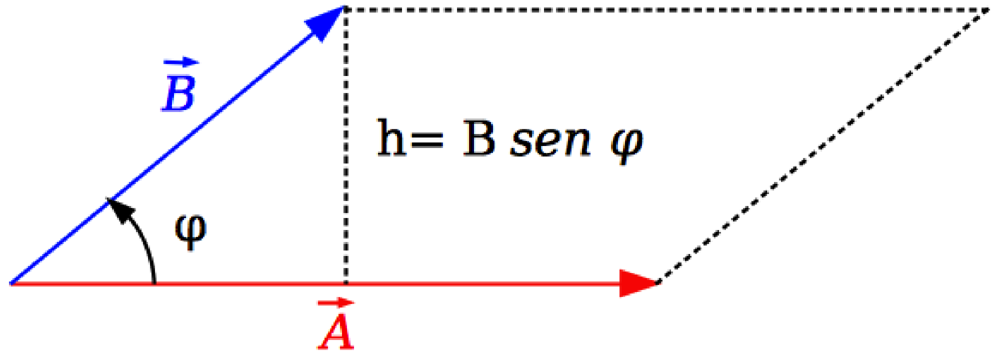
$\vec{A}\ \mathrm{X}\ \vec{B} \longrightarrow$ vetor cuja direção é perpendicular à **A** *e* **B** *e* cujo sentido é dado pela regra da mão direita.



$$\left|\vec{A}\times\vec{B}\right| = A\,B\,sen\,\varphi$$

Módulo de |**A** X **B**| = (projeção de **B** na direção ortogonal à **A**) X (módulo de **A**).

Área do paralelogramo S.



$$S = \left| \vec{A} \times \vec{B} \right|$$

Operação com vetores: Posição relativa

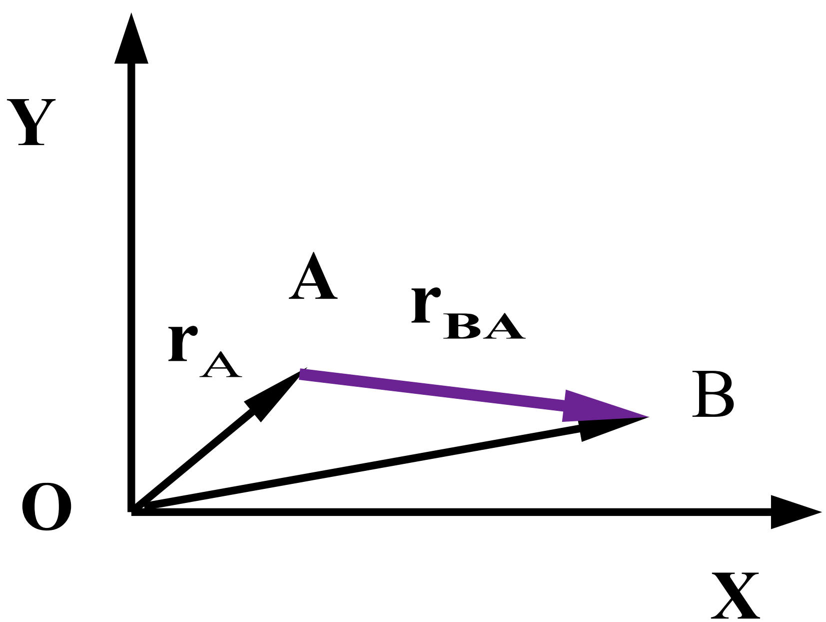
Sistema de referência bimensional

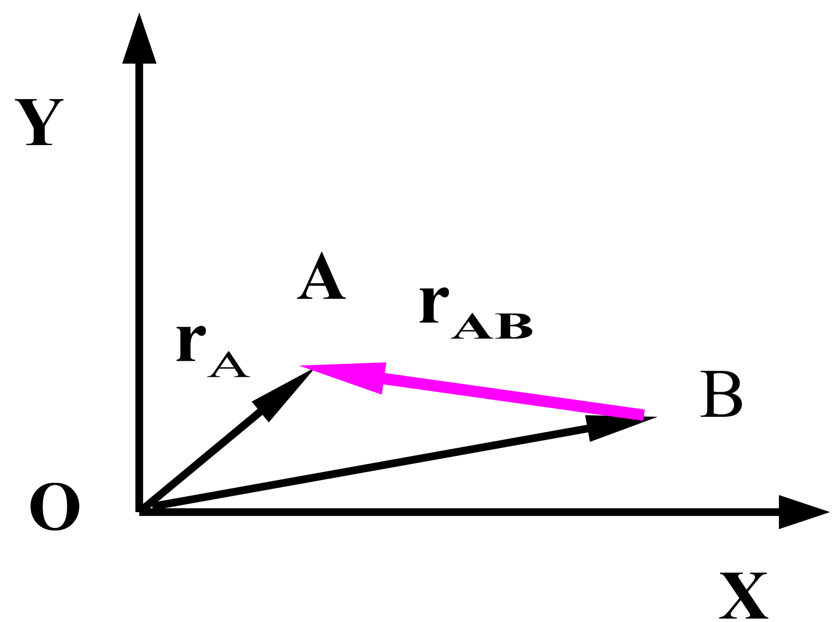
Posição do ponto B em relação ao Ponto A: vetor posição $\vec{r}_{BA}$

$$\vec{r}_{BA}=\vec{r}_{B}-\vec{r}_{A}$$

Posição do ponto A em relação ao Ponto B: vetor posição $\vec{r}_{AB}$

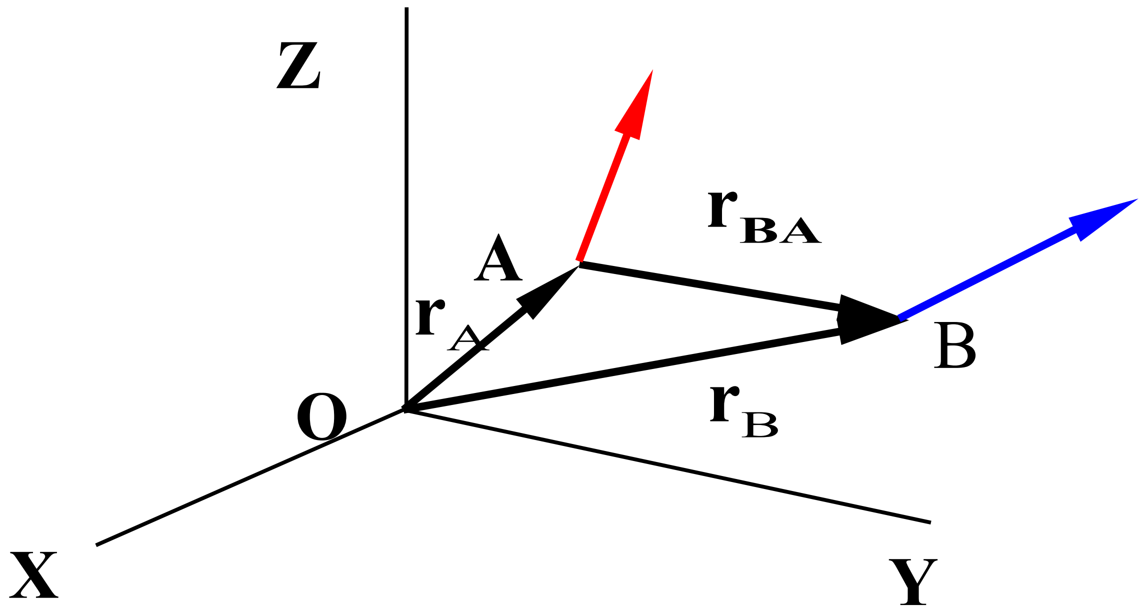
$$\vec{r}_{AB}=\vec{r}_{A}-\vec{r}_{AB}$$



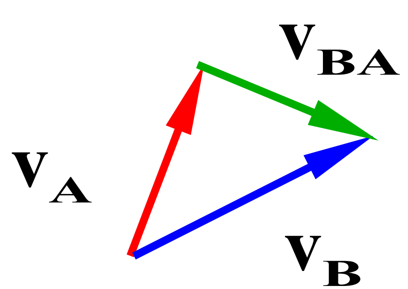


Operação com vetores: Posição relativa/ velocidade relativa

Sistema de referência tridimensional



$$\overrightarrow{r}_{BA} = \overrightarrow{r}_B - \overrightarrow{r}_A$$



$$\frac{d\,\overrightarrow{r}_{BA}}{dt} = \frac{d\,\overrightarrow{r}_B}{dt} - \frac{d\,\overrightarrow{r}_A}{dt}$$

$$\overrightarrow{V}_{BA} = \overrightarrow{V}_B - \overrightarrow{V}_A$$

- Transformadas de Galileu

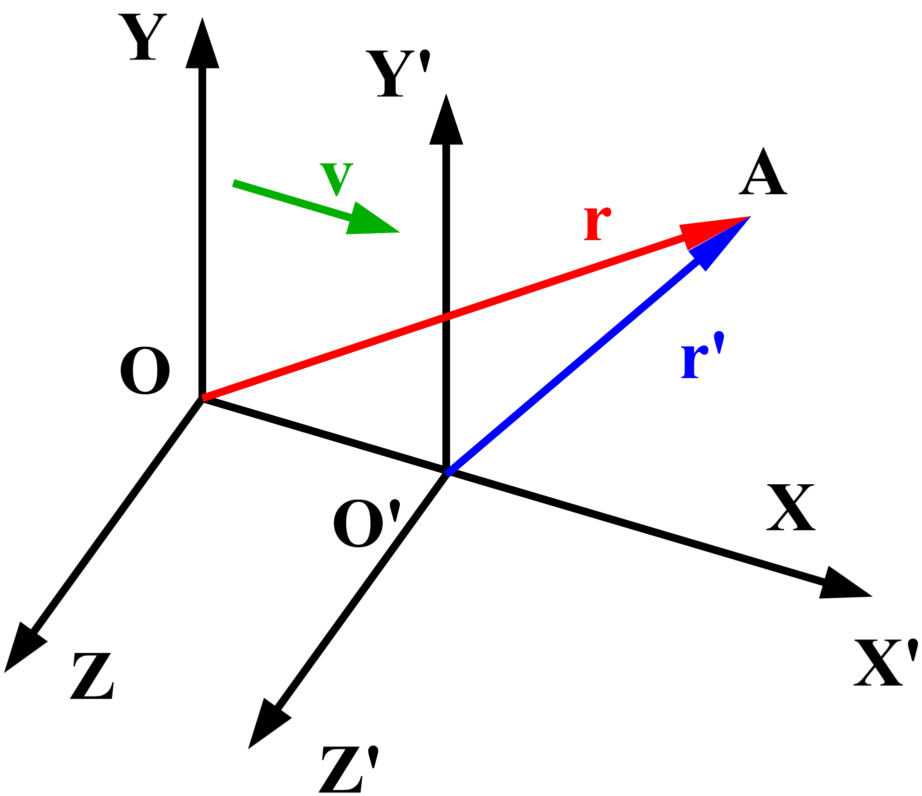
Já definimos grandezas vetoriais e a este ponto podemos nos perguntar como dois observadores, em um determinado tempo t, e em sistemas de referência diferentes medem a posição e velocidade de um objeto.

Consideramos então que o sistema de referência O' se move em relação ao sistema de referência O, com velocidade v paralela ao eixo x.

Neste caso, consideramos que a velocidade v é muito menor que a velocidade da luz, c.

Veremos mais tarde o que ocorre para o caso de velocidades próximas à c.

$$\vec{x}\,' = \vec{x} - \vec{v}\,t\,, \quad \vec{y}\,' = \vec{y} \quad \vec{z}\,' = \vec{z}\,, \quad t' = t$$



Velocidade de A em relação à O

$$\vec{V} = \frac{d\,\vec{r}}{dt} = \hat{u}_x \frac{dx}{dt} + \hat{u}_y \frac{dy}{dt} + \hat{u}_z \frac{dz}{dt}$$

Velocidade de A em relação à O'

$$\vec{V}\,' = \frac{d\,\vec{r}\,'}{dt} = \hat{u}_x \frac{dx'}{dt} + \hat{u}_y \frac{dy'}{dt} + \hat{u}_z \frac{dz'}{dt}$$

$$\vec{r}\,' = \vec{r} - \vec{v}\,t \quad \Rightarrow \quad \frac{d\,\vec{r}\,'}{dt} = \frac{d\,\vec{r}}{dt} - v \Rightarrow \vec{V}\,' = \vec{V} - \vec{v}$$

Operação com vetores (exemplos)

- Produto vetorial

Dipolo elétrico é constituido por um par de cargas elétricas de mesmo módulo, sinais contrários e separadas por uma distância d.

O torque $\vec{\tau}$ sofrido pelo dipolo quando sujeito a um campo elétrico é dado pelo produto vetorial entre o momento de dipolo $\vec{p} = q\vec{d}$ que é um vetor cuja direção é a do eixo do dipolo e sentido da carga negativa para a positiva e $\vec{E}$ é o campo elétrico.

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

Operação com vetores (exemplos)

- Produto escalar

A energia potencial de um dipolo elétrico em um campo elétrico é dada pelo produto escalar entre o momento de dipolo elétrico e o campo elétrico.

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

Bibliografia

- Alonso, M Finn, E. J, Física um curso universitário, vol 1, Ed. Edgard Blucher Ltda, 1972.

- Sears e Zemansky/Young,H. D. & Freedman, R. A. Física I, Addison Wesley, 2003.

- Hsu, P. Hsu, Applied Vector Analysis (Books for Professionals). HBJ, 1984.