# 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:

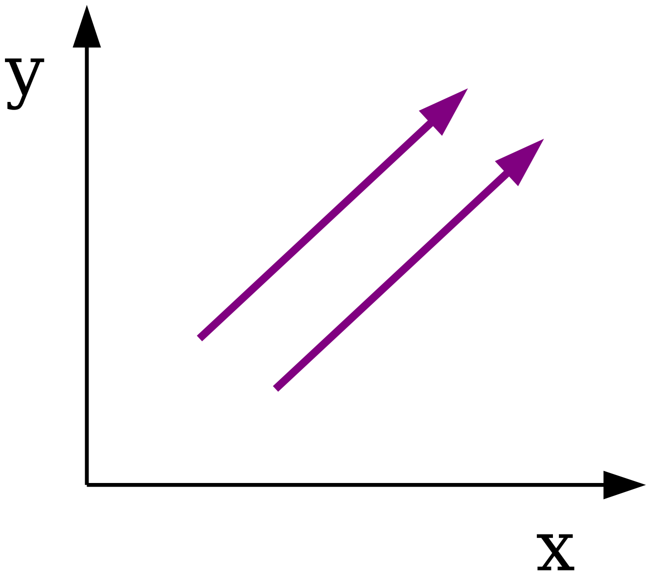
- Temperatura
- Massa
- Intensidade luminosa
- Corrente elétrica
- Tempo
- Energia

## •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.

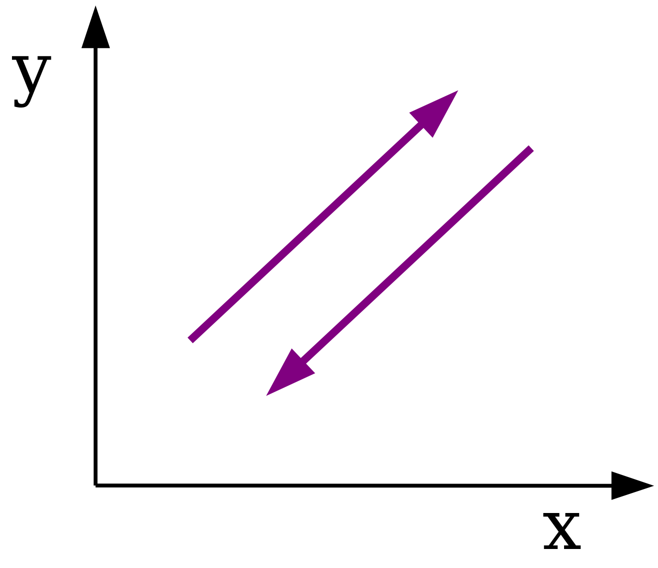

Segmento de reta orientada → eixo

# Eixos coordenados orientados.



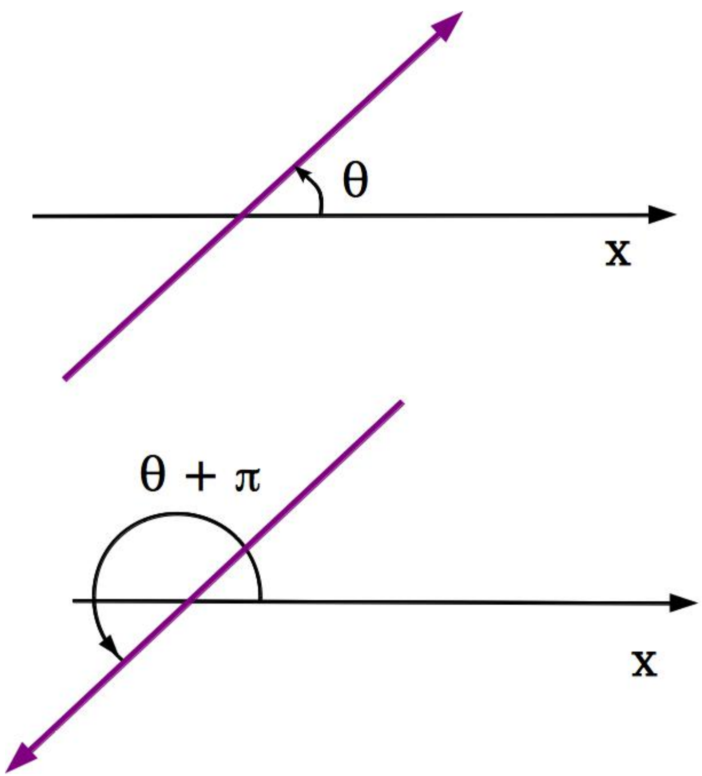

Mesmo sentido: direção orientada única

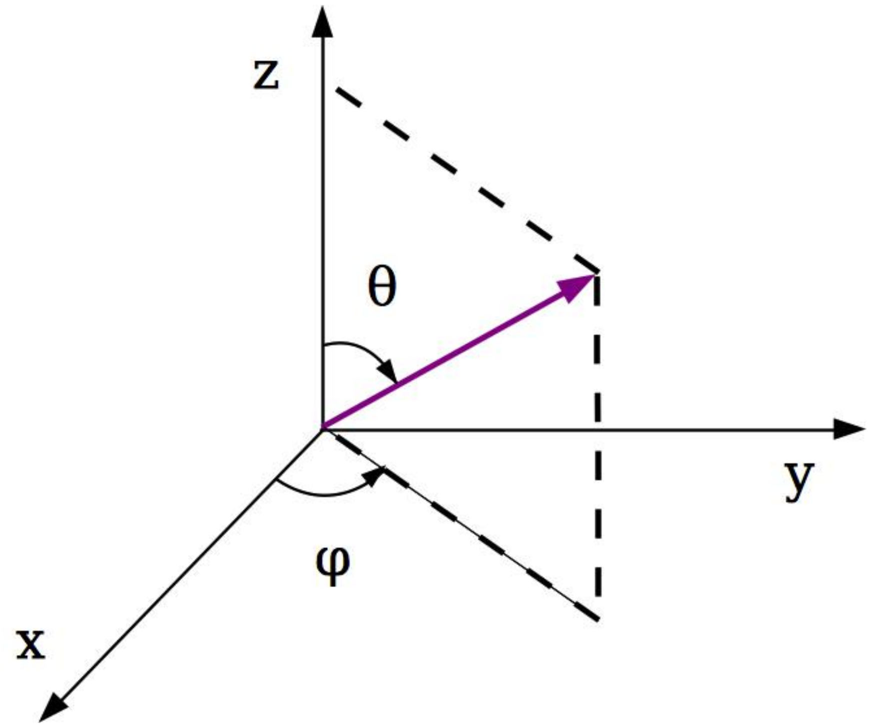
Sentidos opostos: direções orientadas em sentidos opostos



## Sistema de coordenadas no plano

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

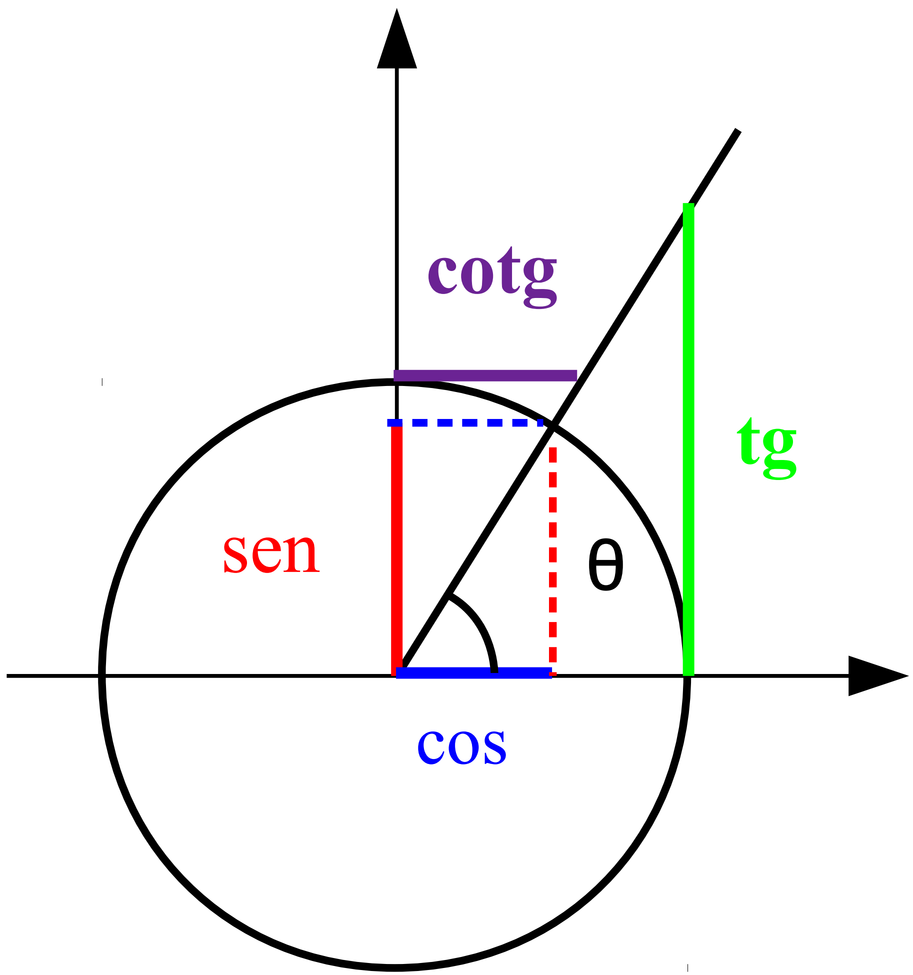



## Sistema de coordenadas no espaço tridimensional

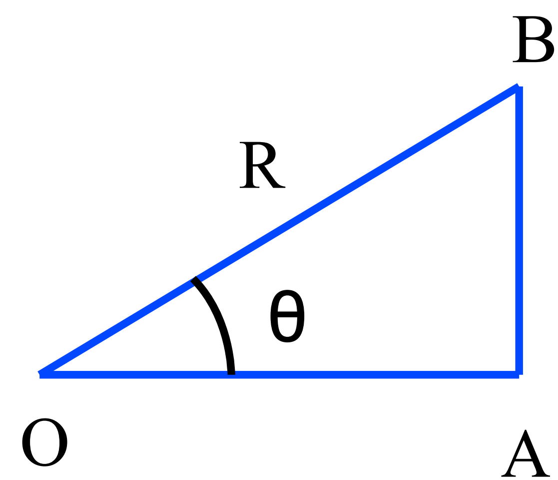
Espaço tridimensional, direção orientada definida pelos ângulos θ e φ.

# Círculo trigonométrico




Raio do círculo = 1

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




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

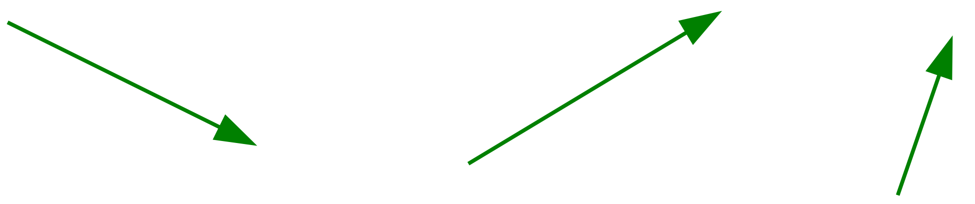
$$\cos\theta = \frac{OA}{R} \Rightarrow OA = R\cos\theta$$

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

## •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:

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

Para vetores paralelos, podemos escrever:

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

Portanto podemos relacionar os dois vetores:

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

## Operações com vetores

Força é uma grandeza vetorial, portanto operações como a soma de vetores, se aplica às forças produzindo um vetor resultante. Do ponto de vista físico, a resultante é uma força que deve produzir o mesmo efeito que o conjunto de forças aplicadas ao corpo produziam.

Por exemplo, duas forças $F_1$ e $F_2$, que atuam em um corpo podem ser substituidas por uma única força (resultante), R, sendo estas forças $F_1$ e $F_2$ as componentes de R.

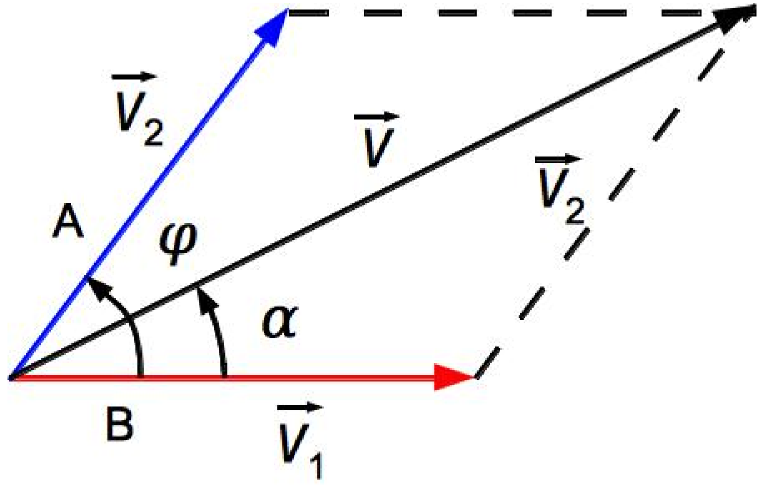
A resultante R é a soma dos vetores força $F_1$ e $F_2$.

## Soma entre vetores

Esta operação pode ser realizada usando um método gráfico (regra do paralelogramo), um método trigonométrico ou um método analítico.

- **Método gráfico: regra do paralelogramo**

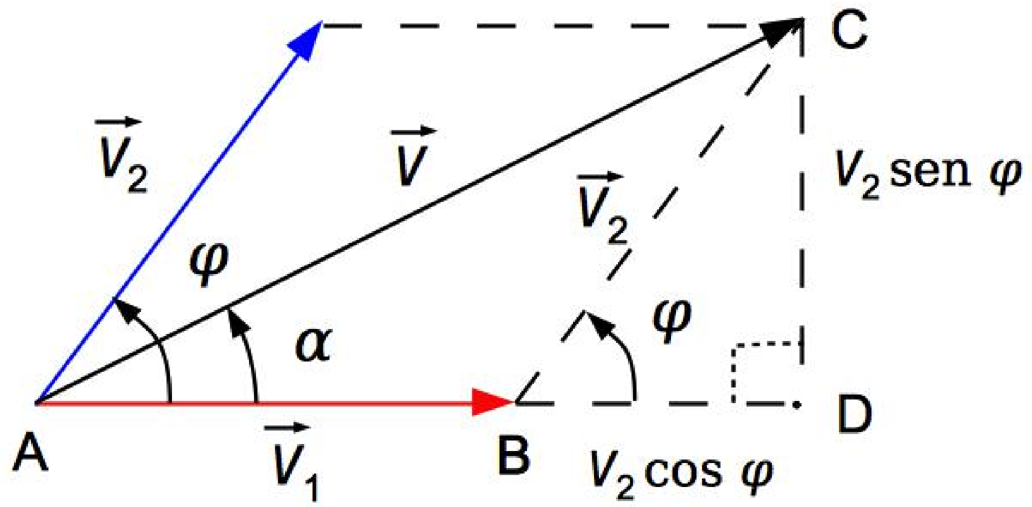
Método gráfico:a escala é escolhida tomando-se o comprimento de um segmento como unidade da intensidade do vetor e o paralelogramo é formado pelos dois vetores.




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:

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

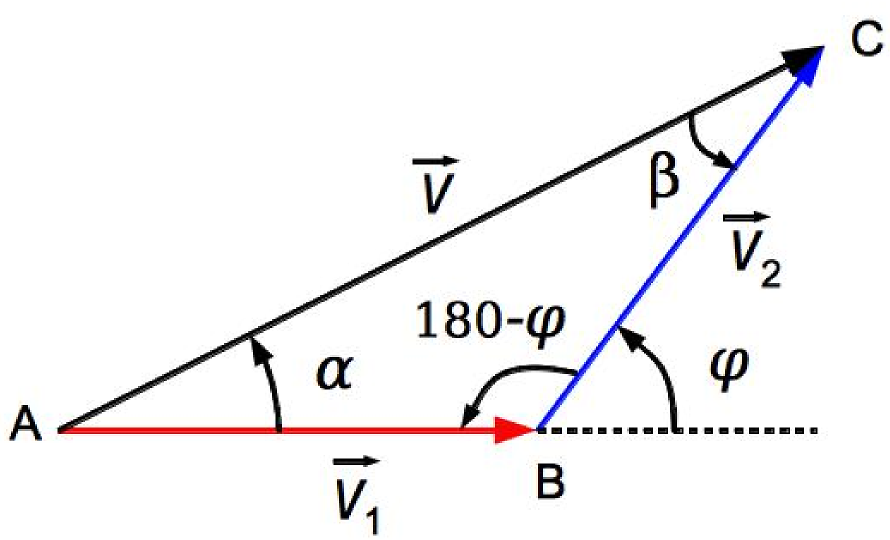
Portanto:

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

## Direção do vetor resultante

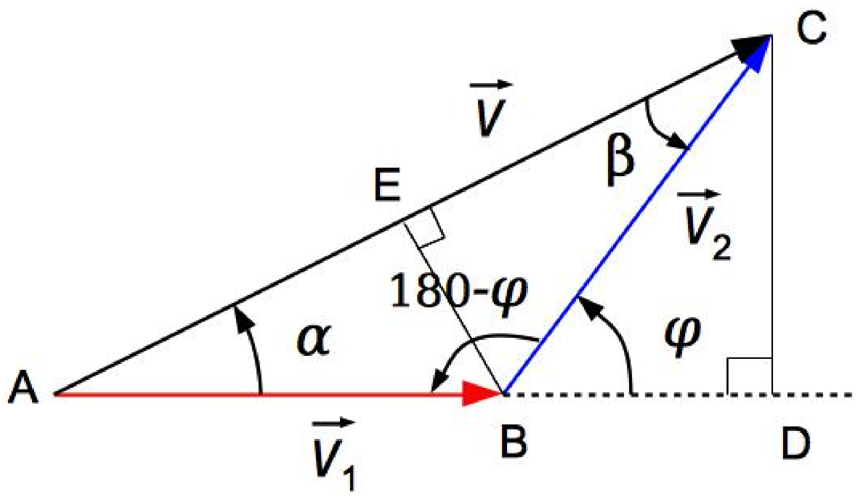
Outro método para determinar a direção do vetor resultante é usando a lei dos senos, isto é, a razão entre cada lado de um triângulo e o seno do ângulo oposto correspondente, é constante.

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:

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

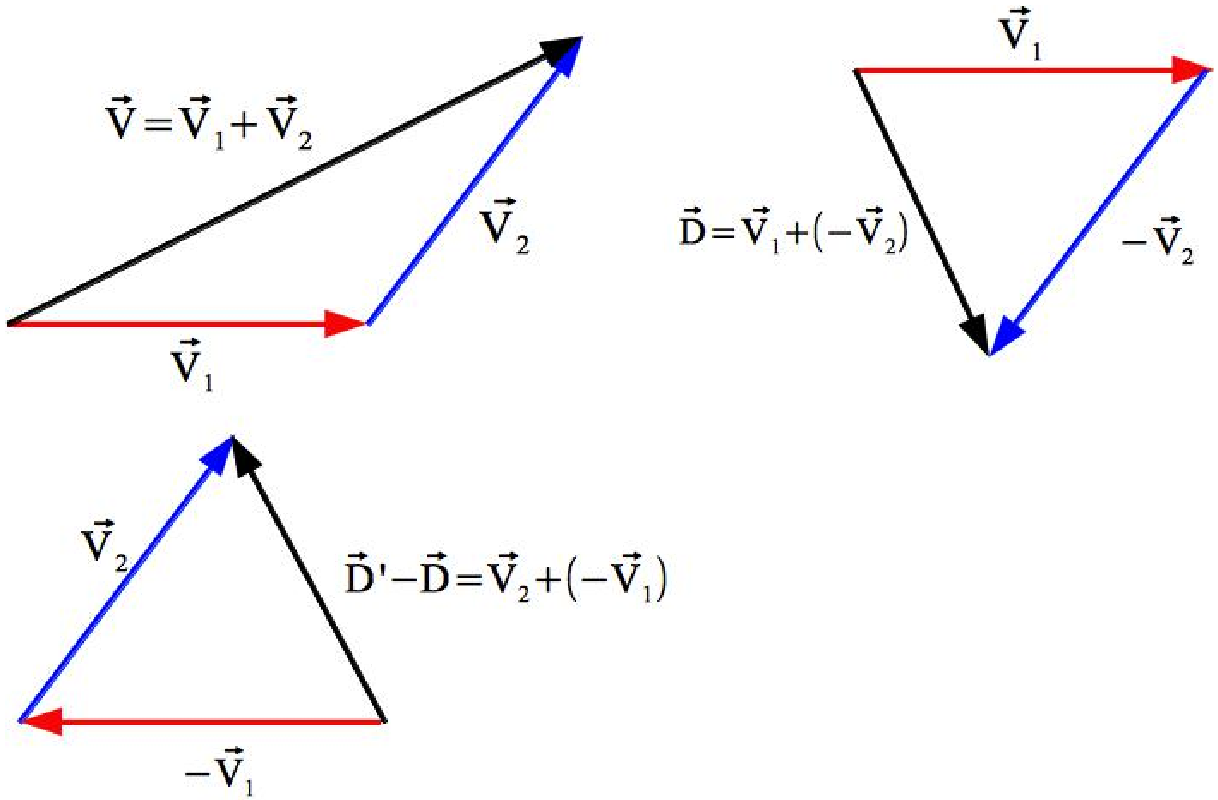
$$\frac{V_1}{\mathrm{sen}\,\beta} = \frac{V_2}{\mathrm{sen}\,\alpha} \qquad (2)$$

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:

$$D = \sqrt{v_1^2 + V_2^2 + 2 V_1 V_2 \cos(\pi - \phi)}$$

$$D = \sqrt{v_1^2 + V_2^2 + 2 V_1 V_2 \cos \pi \cos \phi - \operatorname{sen} \pi \operatorname{sen} \phi}$$

$$D = \sqrt{v_1^2 + V_2^2 - 2 V_1 V_2 \cos \phi}$$

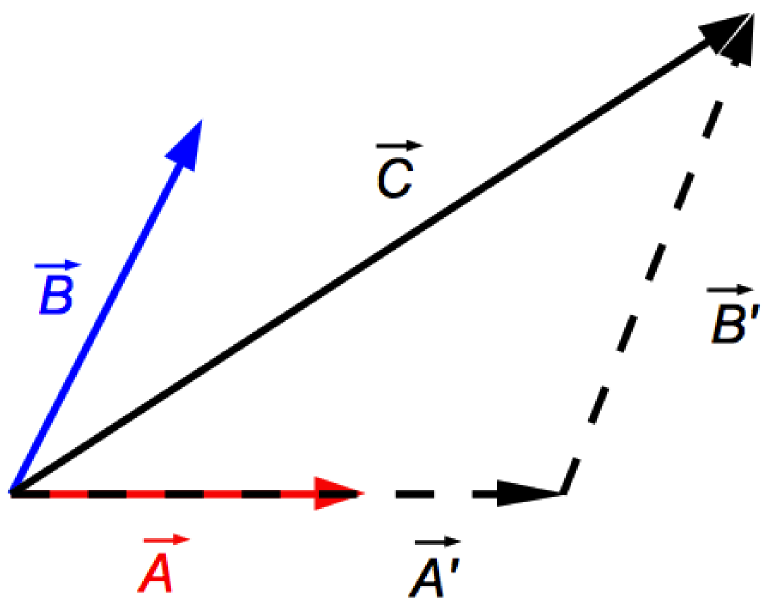
# Multiplicação de um vetor por um escalar

- $m\vec{A}$ 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

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

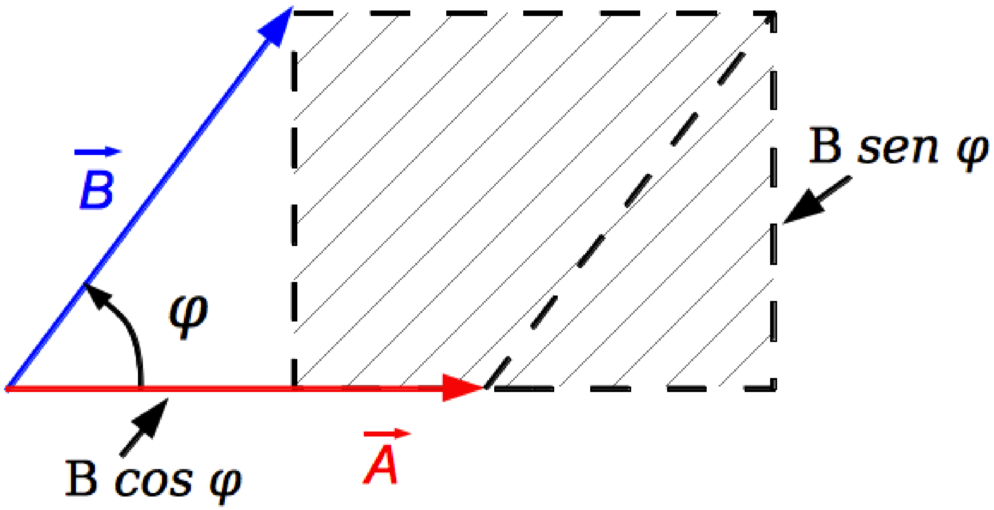
Subtraindo (1) de (2),

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

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

$$\begin{aligned} m - m' = 0 \quad &\Rightarrow \quad m = m' \\ n - n' = 0 \quad &\Rightarrow \quad n = n' \end{aligned}$$

# 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.**

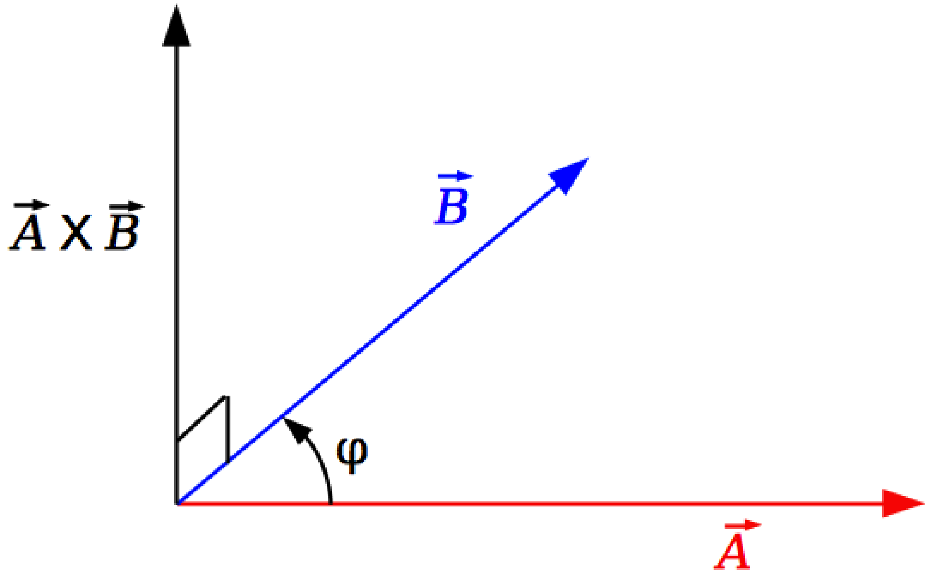
- Produto escalar de $\vec{A}$ por $\vec{B}$

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

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

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

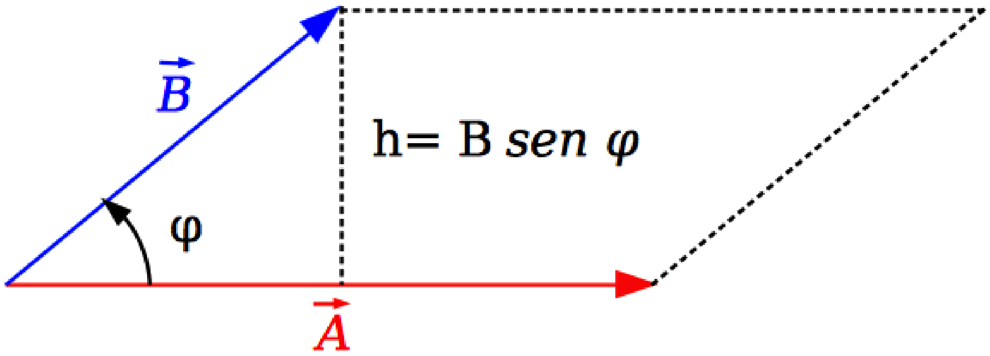
$\vec{A} \times \vec{B} \longrightarrow$ vetor cuja direção é perpendicular à **A** *e* **B** *e* cujo sentido é dado pela regra da mão direita.




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

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 (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.

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

O trabalho W realizado por uma força F que atua num corpo que se desloca de uma distância d, é dado pelo produto escalar entre a força e o vetor deslocamento.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F\, d \cos\theta$$

Sendo θ o ângulo entre os vetores F e d.

# 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.

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

# Transformadas de Galileu

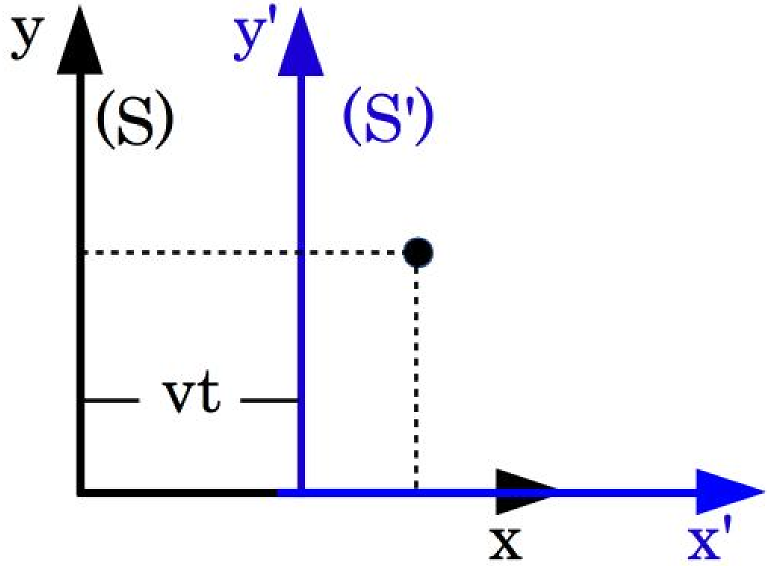
Já definimos grandezas vetoriais e a este ponto podemos nos perguntar como dois observadores, em um determinado tempo t, e em sistemas de referência diferentes medem por exemplo a posição de um objeto.

Consideramos então no plano xy, o sistema de referência S' que se move em relação ao sistema de referência S, com velocidade relativa v paralela ao eixo x.

No tempo t=0, as origens dos sistemas S e S’ coincidem.

Vamos considerar que a velocidade v é muito menor que a velocidade da luz, c.

No tempo t, as coordenadas do corpo representado pela esfera da figura, podem ser determinadas em relação ao sistema S e S':




$$x' = x - vt$$
$$y' = y$$

Para obter as coordenadas do centro de massa da esfera nos sistemas de referência S e S’ aplicamos as transformação de Galileu.

As transformadas de Galileu, aplicam-se somemte aos casos que envolvem baixas velocidades. Em velocidades relativísticas, aplicam-se as chamadas Transformadas de Lorentz.

# Posição relativa

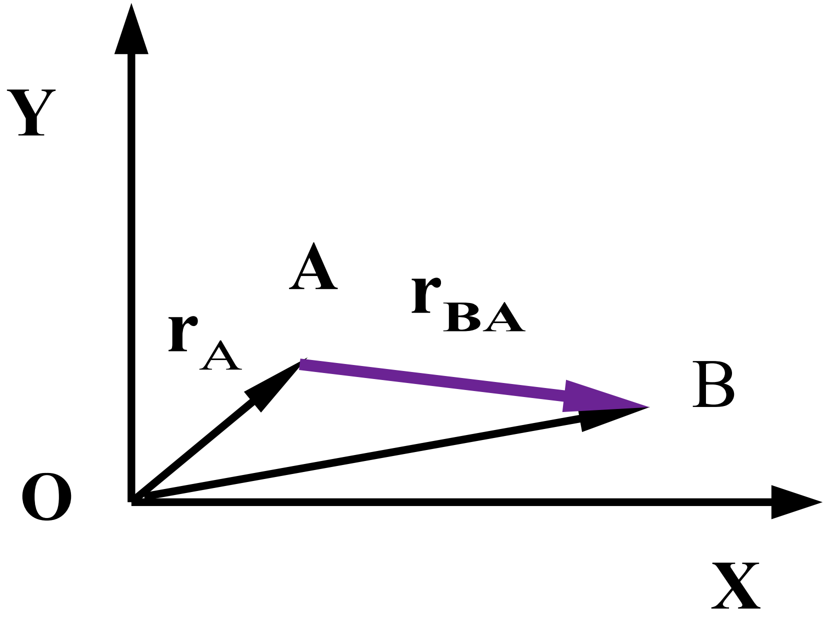
# Sistema de referência bimensional

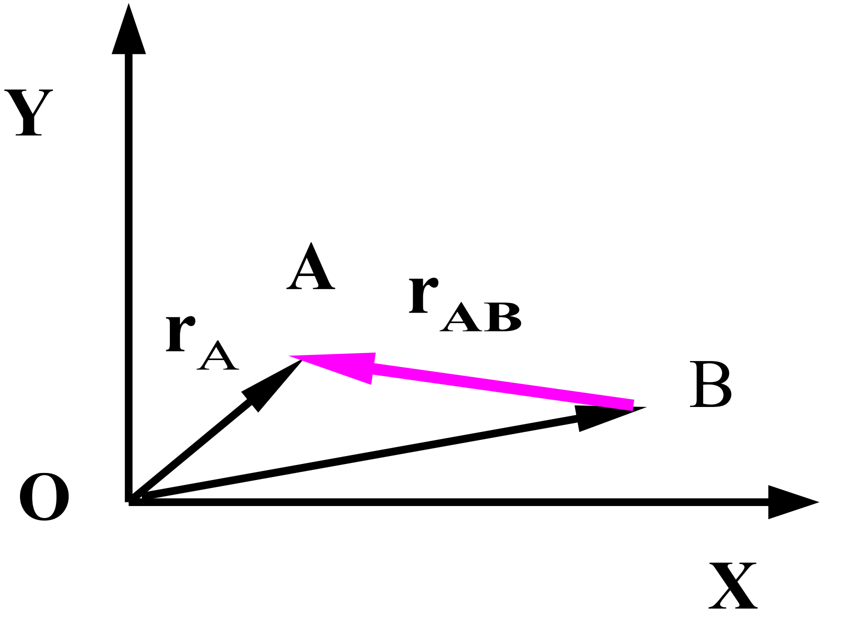
Posição do ponto B em relação ao ponto A: vetor posição $\vec{r}_{BA}$

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

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

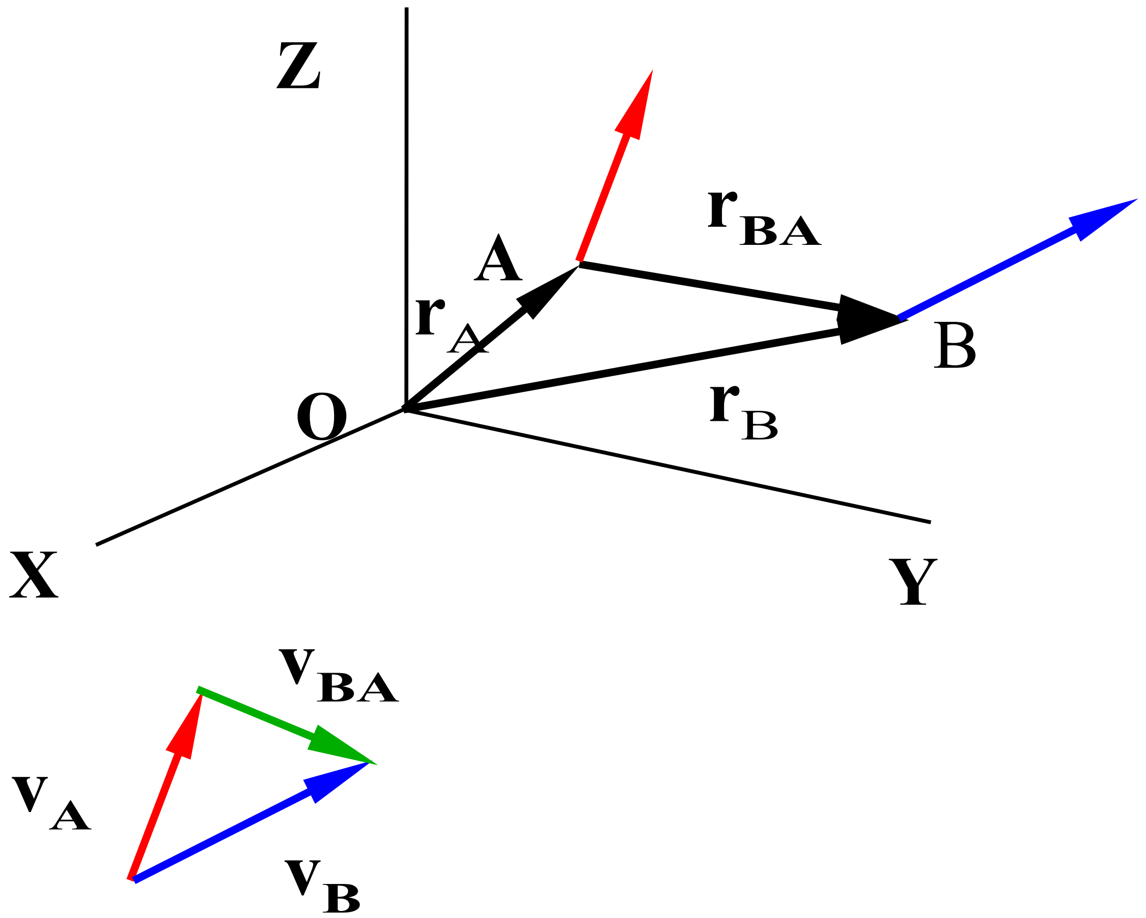
$$\vec{r}_{AB} = \vec{r}_A - \vec{r}_{AB}$$



# Posição relativa/ velocidade relativa

# Sistema de referência tridimensional

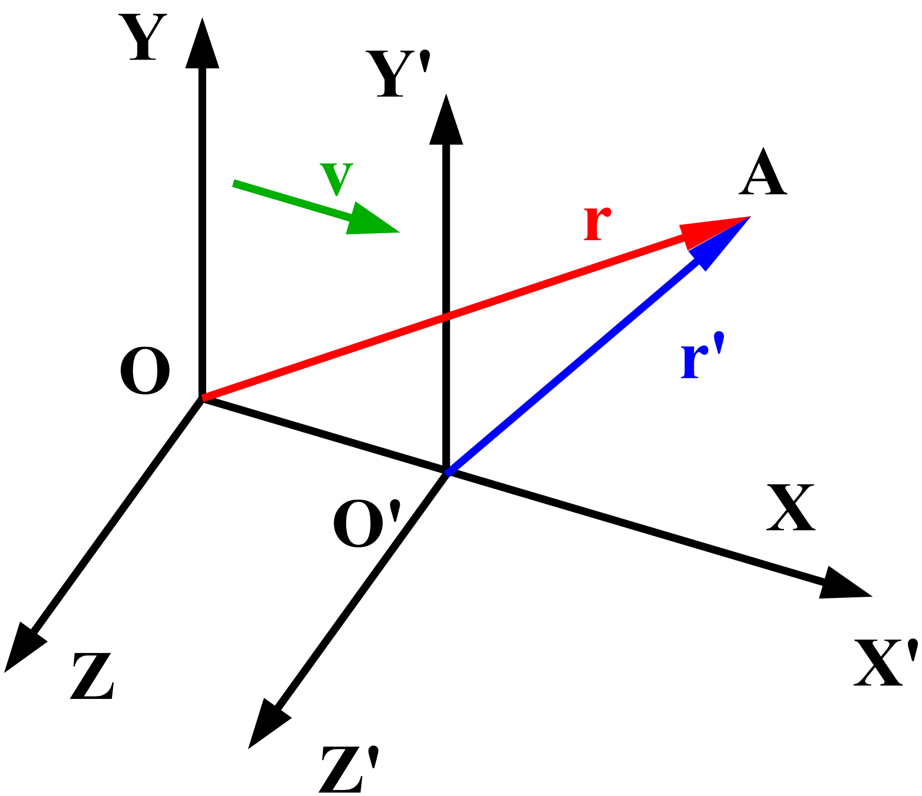



$$\overrightarrow{r_{BA}} = \overrightarrow{r_B} - \overrightarrow{r_A}$$

$$\frac{d\,\overrightarrow{r_{BA}}}{dt} = \frac{d\,\overrightarrow{r_B}}{dt} - \frac{d\,\overrightarrow{r_A}}{dt}$$

$$\overrightarrow{V_{BA}} = \overrightarrow{V_B} - \overrightarrow{V_A}$$

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




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'

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

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

- 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.