

# FÍSICA I

Prof. Dr. Patricio R. Impinnisi

## Aula 2: Vetores

# Vetores e suas componentes

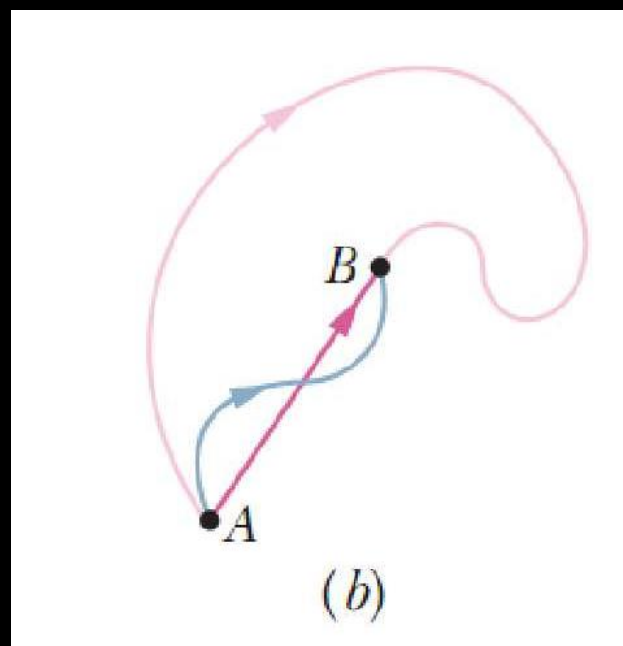
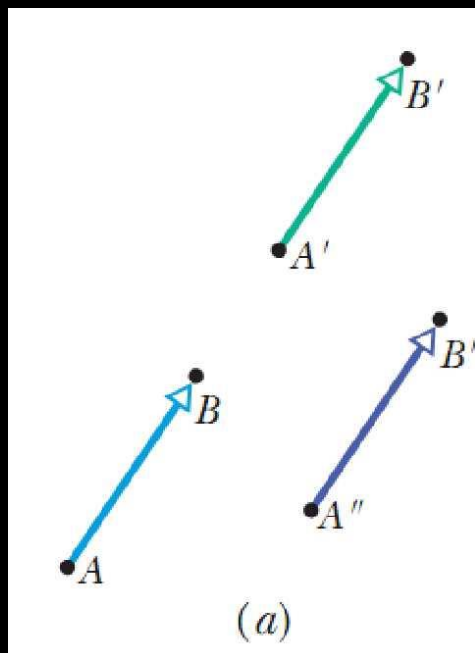
# INTRODUÇÃO

- A física lida com grandezas que sempre têm um valor e as vezes têm uma orientação
- Um **vetor** é um objeto matemático que tem um valor e uma orientação
- Uma **grandeza vetorial** é uma grandeza física que pode ser representada por um vetor
  - Exemplos: posição, velocidade, aceleração
  - As operações com vetores obedecem a **regras diferentes** das regras da álgebra
- Uma **grandeza escalar** é uma grandeza que pode ser representada por um número
  - Exemplos: tempo, temperatura, energia, massa
  - As operações com escalares obedecem as regras da álgebra

# EXEMPLOS

- Um exemplo simples é o **vetor deslocamento**

Se uma partícula se desloca do ponto A para o ponto B, podemos representar essa mudança de posição por uma reta orientada que liga o ponto A ao ponto B



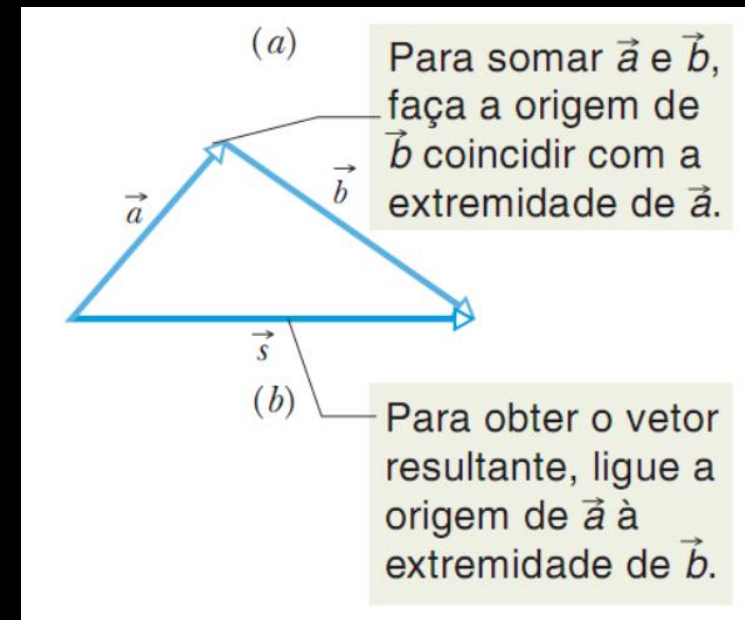
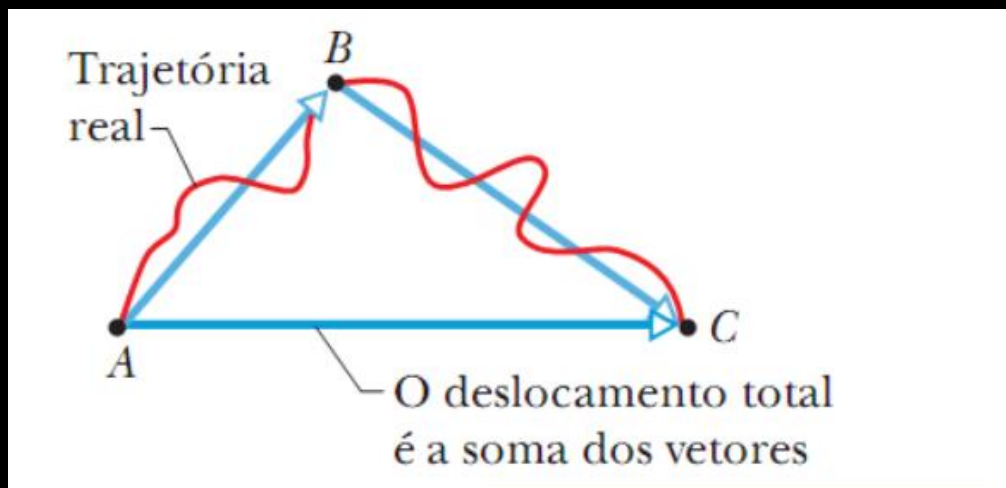
- Em (a), os três deslocamentos são iguais
- Em (b), as duas trajetórias (diferentes) correspondem ao mesmo vetor deslocamento

# SOMA DE VETORES

- **Soma vetorial** ou **resultante**

- é o resultado da adição de vetores
- representa o deslocamento total produzido por dois ou mais vetores deslocamento

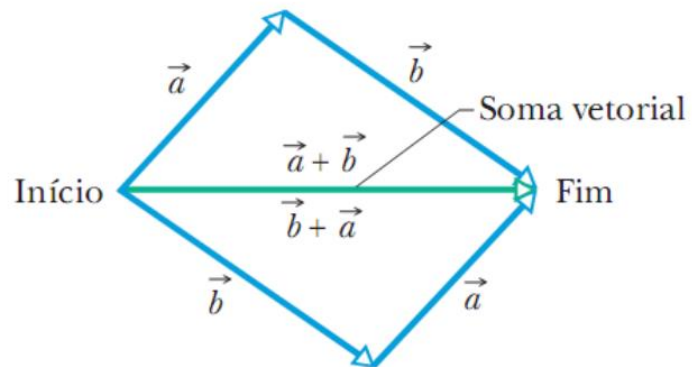
$$\vec{s} = \vec{a} + \vec{b}$$



# SOMA DE VETORES

- A soma de vetores é **comutativa**
  - Podemos somar vetores em qualquer ordem

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a} \quad (\text{lei comutativa})$$

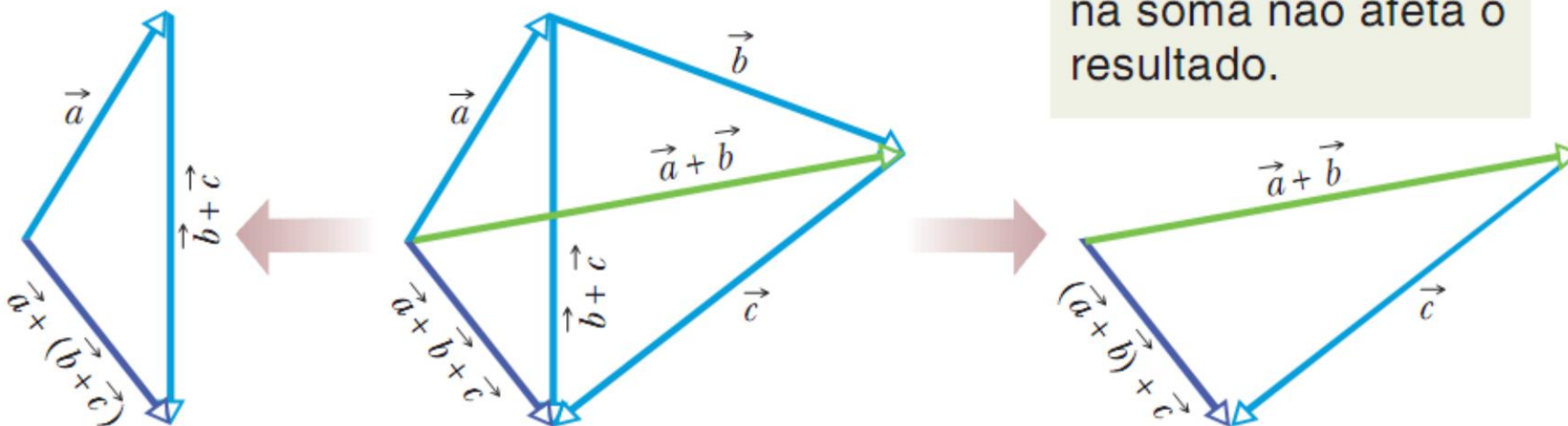


A ordem dos vetores na soma não afeta o resultado.

# SOMA DE VETORES

- A soma de vetores é **associativa**
  - Podemos agrupar os vetores em qualquer ordem para soma-los

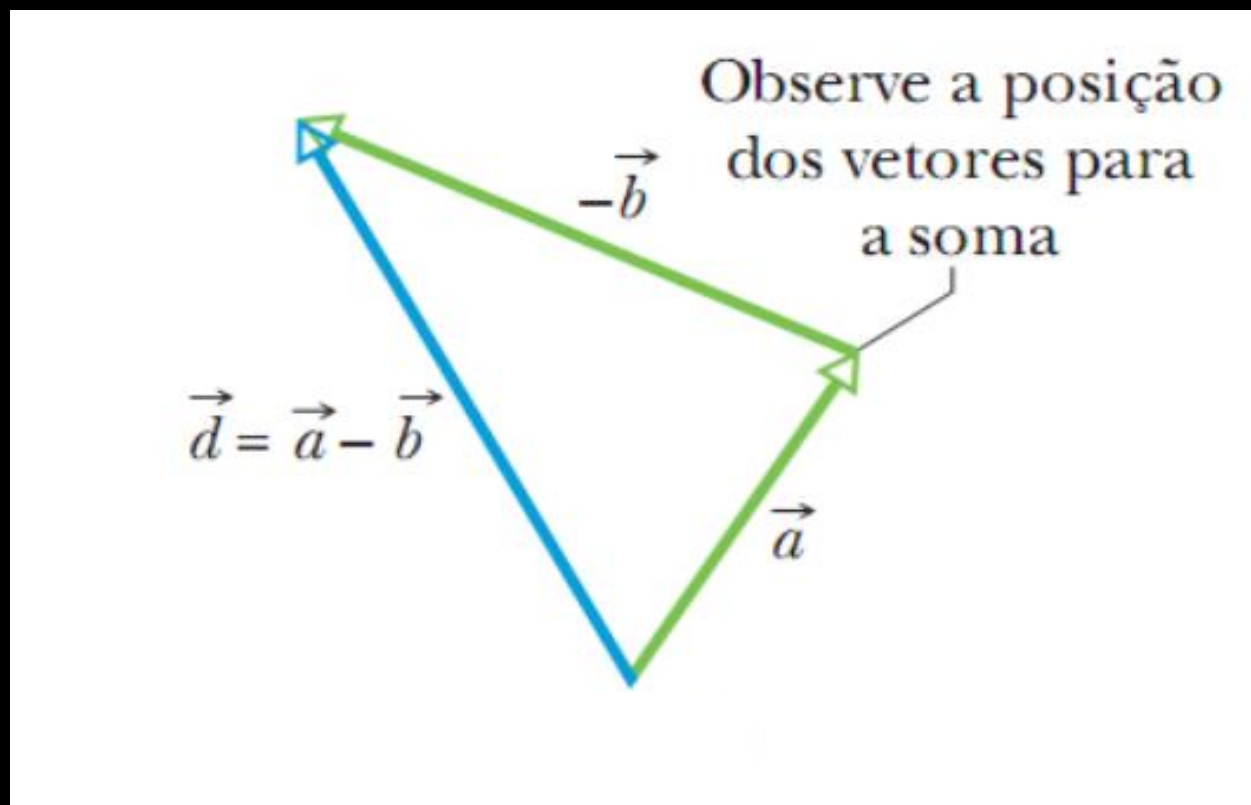
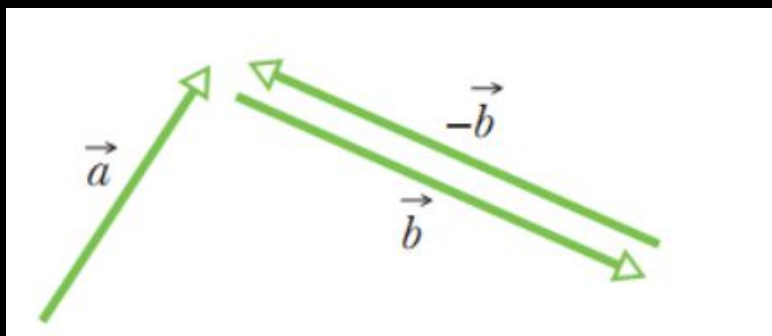
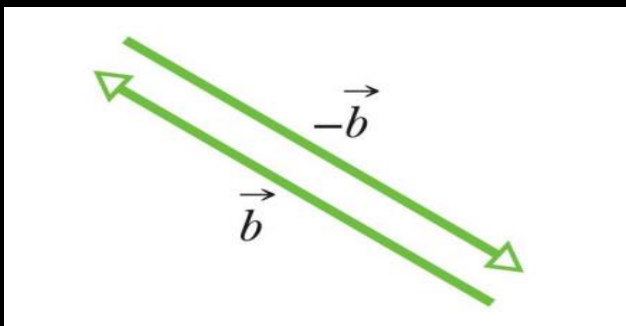
$$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}) \quad (\text{lei associativa})$$



# SOMA DE VETORES

- O sinal negativo inverte a orientação do vetor:  $\vec{b} + (-\vec{b}) = 0$ 
  - Podemos usar essa propriedade para definir a subtração de vetores

$$\vec{d} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$$





# SOMA DE VETORES

- Essas regras se aplicam a **todos os vetores**, independentemente de representarem deslocamento, velocidade ou qualquer outra coisa
- Apenas vetores que representam a mesma grandeza podem ser somados

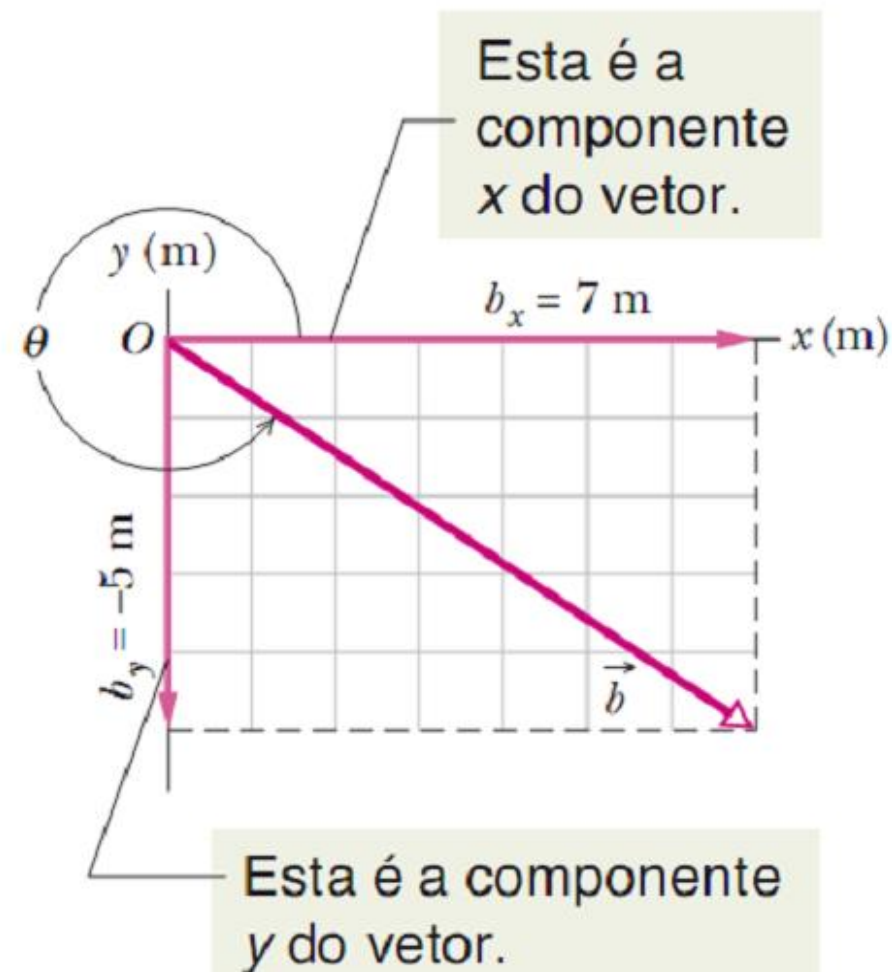


## Teste 1

Os módulos dos deslocamentos  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$  são 3 m e 4 m, respectivamente, e  $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ . Considerando as várias orientações possíveis de  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$ , (a) qual é o maior e (b) qual é o menor valor possível do módulo de  $\vec{c}$ ?

# SOMA DE VETORES

- No lugar de utilizar o método gráfico podemos somar vetores por **componentes**
  - Componente é a projeção do vetor em um eixo
- O processo de obter as componentes de um vetor é chamado de **decomposição do vetor**
  - As componentes de um vetor podem ser positivas ou negativas
  - As componentes de um vetor não mudam quando deslocamos o vetor sem mudar sua orientação



# SOMA DE VETORES

As componentes em duas dimensões são dadas por

$$a_x = a \cos \theta \quad a_y = a \sin \theta$$

em que  $\theta$  é o ângulo que o vetor faz com o semieixo x positivo, e “a” é o comprimento do vetor

O comprimento (módulo) e o ângulo também podem ser calculados a partir das componentes

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad \tan \theta = \frac{a_y}{a_x}$$

As componentes definem univocamente um vetor

E em três dimensões?

# SOMA DE VETORES

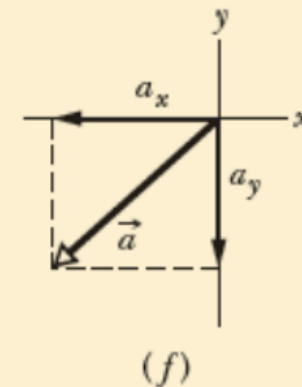
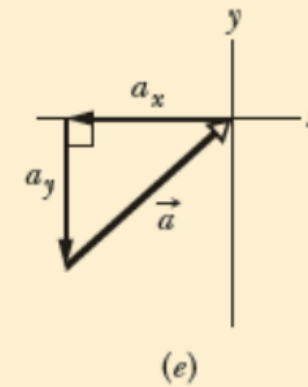
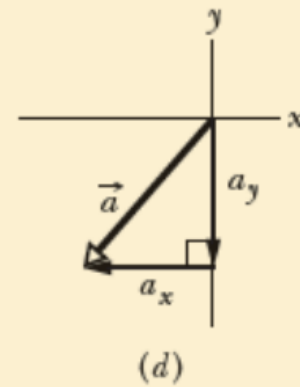
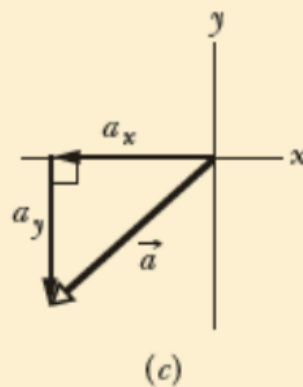
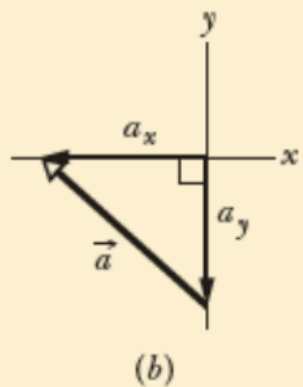
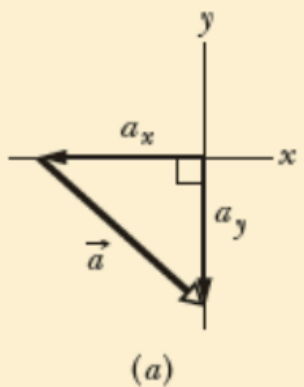
No caso tridimensional são necessários **três parâmetros** para especificar um vetor

$$(a, \theta, \varphi) \quad \text{ou} \quad (a_x, a_y, a_z)$$



## Teste 2

Quais dos métodos indicados na figura são corretos para determinar o vetor  $\vec{a}$  a partir das componentes  $x$  e  $y$ ?



# SOMA DE VETORES

- Os ângulos podem ser medidos em graus ou radianos
- Uma circunferência completa tem  $360^\circ$  ou  $2\pi$  radianos
- Teste: quantos radianos são 40 graus?

$$40^\circ \frac{2\pi \text{ rad}}{360^\circ} = 0,70 \text{ rad}$$

- Quantos graus são 1 radiano

$$1 \text{ rad} \frac{360^\circ}{2\pi \text{ rad}} = 57,2958 \text{ rad}$$

# SOMA DE VETORES

## O vetor unitário

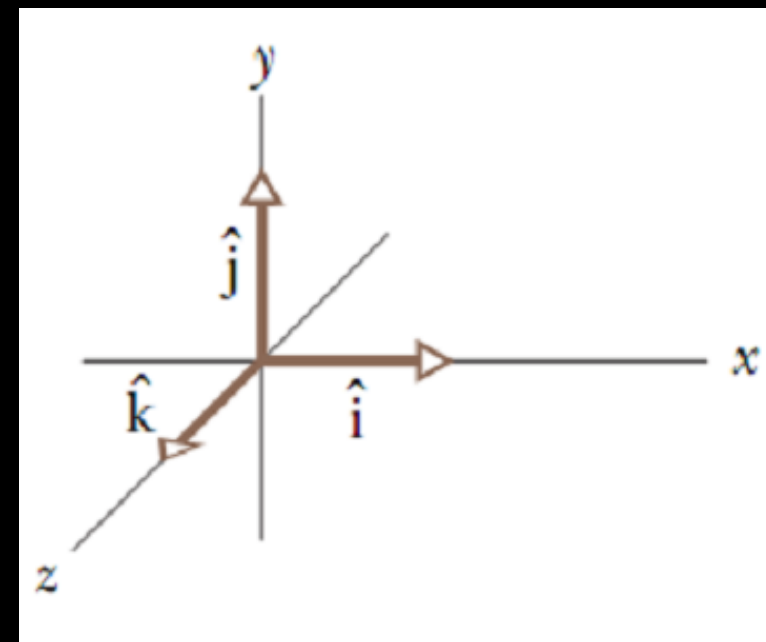
- ✓ Tem uma orientação
- ✓ Tem módulo 1
- ✓ Não tem dimensão nem unidade

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j}$$

$$\vec{b} = b_x \hat{i} + b_y \hat{j}$$

Se utiliza um sistema de coordenadas dextrogiro  
vetor unitário

- ✓ Permanece dextrogiro quando sofre rotação



# SOMA DE VETORES

As grandezas  $a_x\hat{i}$  e  $a_y\hat{j}$  são as **componentes vetoriais** do vetor  $\vec{a}$

$$\vec{a} = a_x\hat{i} + a_y\hat{j}$$

$$\vec{b} = b_x\hat{i} + b_y\hat{j}$$

As grandezas  $a_x$  e  $a_y$  são as **componentes escalares** do vetor  $\vec{a}$

Os vetores podem ser somados ou subtraídos usando componentes

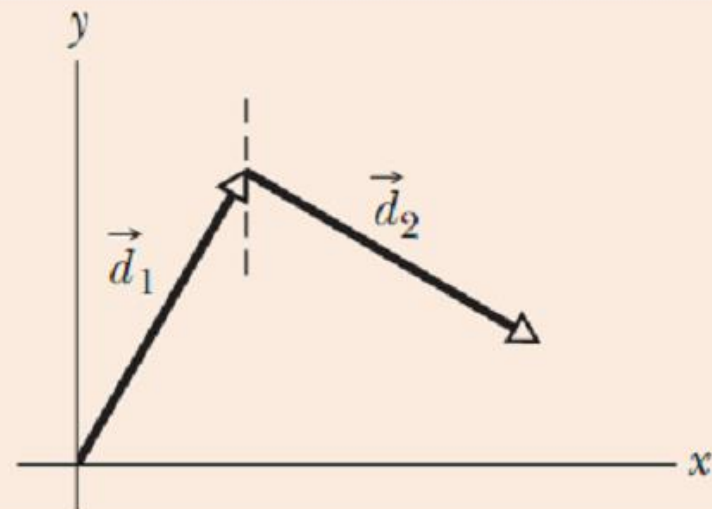
$$\vec{r} = \vec{a} + \vec{b} \quad \begin{array}{l} r_x = a_x + b_x \\ r_y = a_y + b_y \\ r_z = a_z + b_z \end{array} \quad \vec{s} = \vec{a} - \vec{b} \quad \begin{array}{l} s_x = a_x - b_x \\ s_y = a_y - b_y \\ s_z = a_z - b_z \end{array}$$

# SOMA DE VETORES



## Teste 3

(a) Quais são os sinais das componentes  $x$  de  $\vec{d}_1$  e  $\vec{d}_2$  na figura? (b) Quais são os sinais das componentes  $y$  de  $\vec{d}_1$  e  $\vec{d}_2$ ? (c) Quais são os sinais das componentes  $x$  e  $y$  de  $\vec{d}_1 + \vec{d}_2$ ?





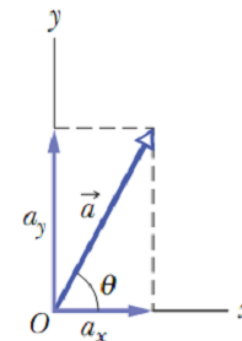
# SOMA DE VETORES

- Os vetores não dependem do sistema de coordenadas usado para representá-los
- Se fazemos girar o sistema de coordenadas, o vetor não muda

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a_x'^2 + a_y'^2}$$

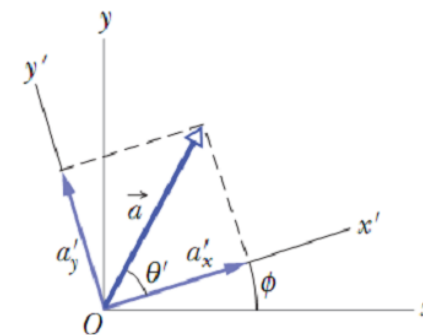
$$\theta = \theta' + \phi$$

- Todos os sistemas de coordenadas desse tipo são igualmente válidos



(a)

Se os eixos giram, as componentes mudam, mas o vetor permanece o mesmo.



(b)

# PRODUTO DE VETORES

O produto escalar de dois vetores

O resultado é um escalar

✓ cujo módulo é o produto dos módulos dos vetores vezes o cosseno do ângulo entre eles  $\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos\phi$

✓ O produto escalar é comutativo ( $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$ ) e pode ser calculado usando as componentes

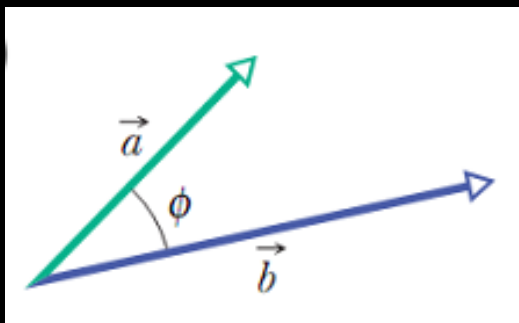
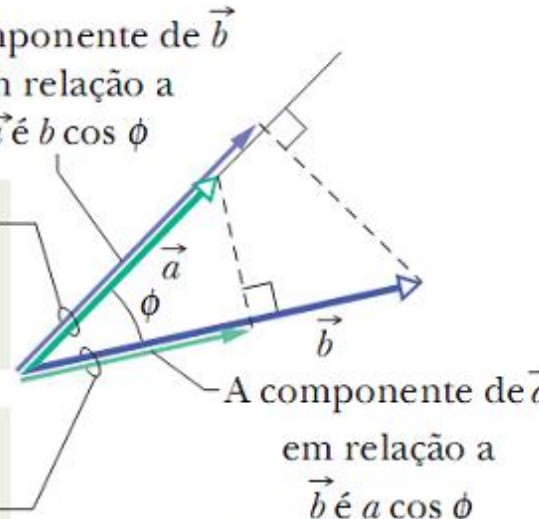
$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}) \cdot (b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k}) = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

# PRODUTO DE VETORES

**Interpretação geométrica** do produto escalar de dois vetores

É o produto do módulo de um dos vetores (**qualquer um dos dois**) pela projeção do outro vetor na direção do primeiro

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \phi$$

A componente de  $\vec{b}$  em relação a  $\vec{a}$  é  $b \cos \phi$

Multiplicando esses valores, obtemos o produto escalar.

Multiplicando esses valores, obtemos também o produto escalar.

A componente de  $\vec{a}$  em relação a  $\vec{b}$  é  $a \cos \phi$

(b)

# PRODUTO DE VETORES



## Teste 4

Os vetores  $\vec{C}$  e  $\vec{D}$  têm módulos de 3 unidades e 4 unidades, respectivamente. Qual é o ângulo entre esses vetores se  $\vec{C} \cdot \vec{D}$  é igual a (a) zero, (b) 12 unidades e (c)  $-12$  unidades?

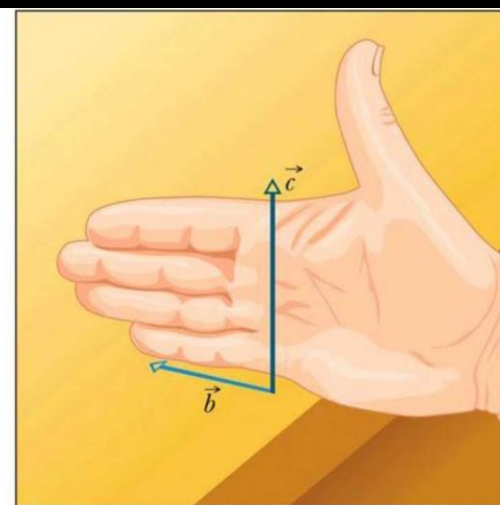
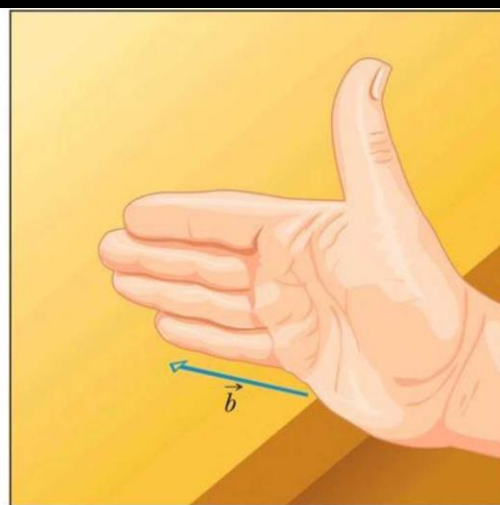
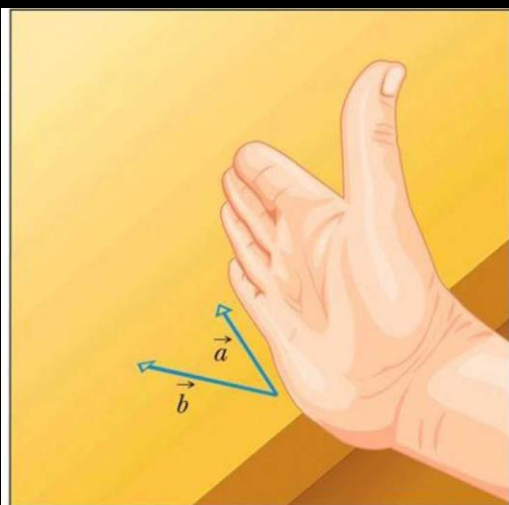
# PRODUTO DE VETORES

O produto vetorial de dois vetores

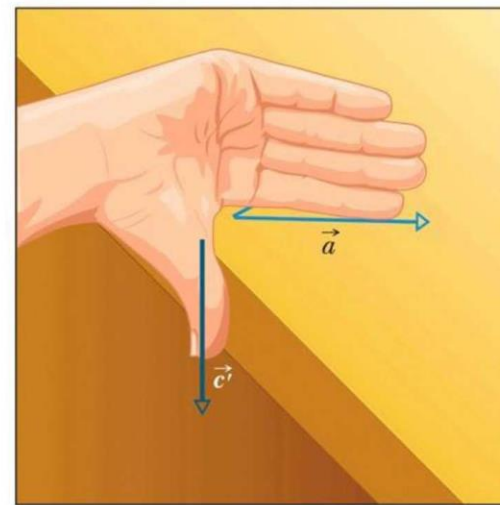
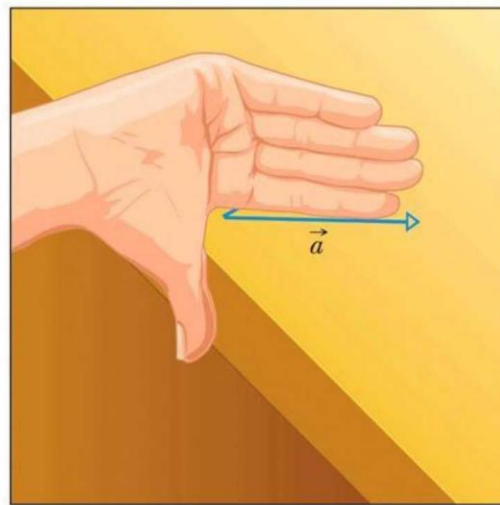
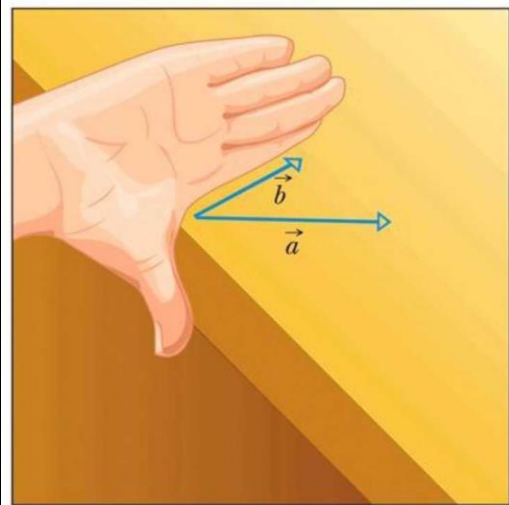
O resultado é um vetor

- ✓ cujo módulo é o produto dos módulos dos vetores vezes o seno do ângulo entre eles  $\vec{a} \times \vec{b} = ab \operatorname{sen}\phi$  e sua direção é perpendicular à direção dos dois vetores (portanto ao plano formado por eles)
- ✓ A direção é determinada pela **regra da mão direita**

# PRODUTO DE VETORES



(a)



# PRODUTO DE VETORES

- ✓ O produto vetorial **não é comutativo** ( $\vec{a} \cdot \vec{b} \neq \vec{b} \cdot \vec{a}$ ) de fato é ( $\vec{a} \cdot \vec{b} = -\vec{b} \cdot \vec{a}$ ) e pode ser calculado usando as componentes

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}) \times (b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k}),$$

$$a_x \hat{i} \times b_x \hat{i} = a_x b_x (\hat{i} \times \hat{i}) = 0,$$

$$a_x \hat{i} \times b_y \hat{j} = a_x b_y (\hat{i} \times \hat{j}) = a_x b_y \hat{k}.$$

- Assim

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_y b_z - b_y a_z) \hat{i} + (a_z b_x - b_z a_x) \hat{j} + (a_x b_y - b_x a_y) \hat{k}$$

# PRODUTO DE VETORES



## Teste 5

Os vetores  $\vec{C}$  e  $\vec{D}$  têm módulos de 3 unidades e 4 unidades, respectivamente. Qual é o ângulo entre os dois vetores se o módulo do produto vetorial  $\vec{C} \times \vec{D}$  é igual a (a) zero e (b) 12 unidades?



# RESUMO

## Escalares e Vetores

- Escalares têm um valor
- Vetores têm um módulo e uma orientação
- Ambos têm unidades!

## Componentes de um Vetor

- Dadas por

$$a_x = a \cos \theta \quad e \quad a_y = a \sin \theta$$

- Relações inversas

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad e \quad \tan \theta = \frac{a_y}{a_x}$$

## Soma de Vetores

- Obedece às leis comutativa e associativa

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$$

$$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c})$$

## Vetores Unitários

- Podemos escrever vetores em termos de vetores unitários

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$$

# RESUMO

## Soma por Componentes

- Somando por componentes,

$$r_x = a_x + b_x$$

$$r_y = a_y + b_y$$

Eqs. (3-10) a (3-12)  $r_z = a_z + b_z$

## Produto Escalar

- Produz um escalar

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \phi$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}) \cdot (b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k})$$

## Escalar Vezes um Vetor

- O produto é um vetor
- O módulo é multiplicado pelo escalar
- O sentido é igual ou oposto

## Produto Vetorial

- Produz um vetor perpendicular
- A direção é dada pela regra da mão direita

$$c = ab \sin \phi$$

# RESUMO

## Soma por Componentes

- Somando por componentes,

$$r_x = a_x + b_x$$

$$r_y = a_y + b_y$$

Eqs. (3-10) a (3-12)  $r_z = a_z + b_z$

## Produto Escalar

- Produz um escalar

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \phi$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}) \cdot (b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k})$$

## Escalar Vezes um Vetor

- O produto é um vetor
- O módulo é multiplicado pelo escalar
- O sentido é igual ou oposto

## Produto Vetorial

- Produz um vetor perpendicular
- A direção é dada pela regra da mão direita

$$c = ab \sin \phi$$

# EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**Lista disponível em:**

<http://www.eletrica.ufpr.br/p/professores:patricio:inicial>

Disciplina TE303 (Física I)

Gabaritos disponíveis no mesmo endereço