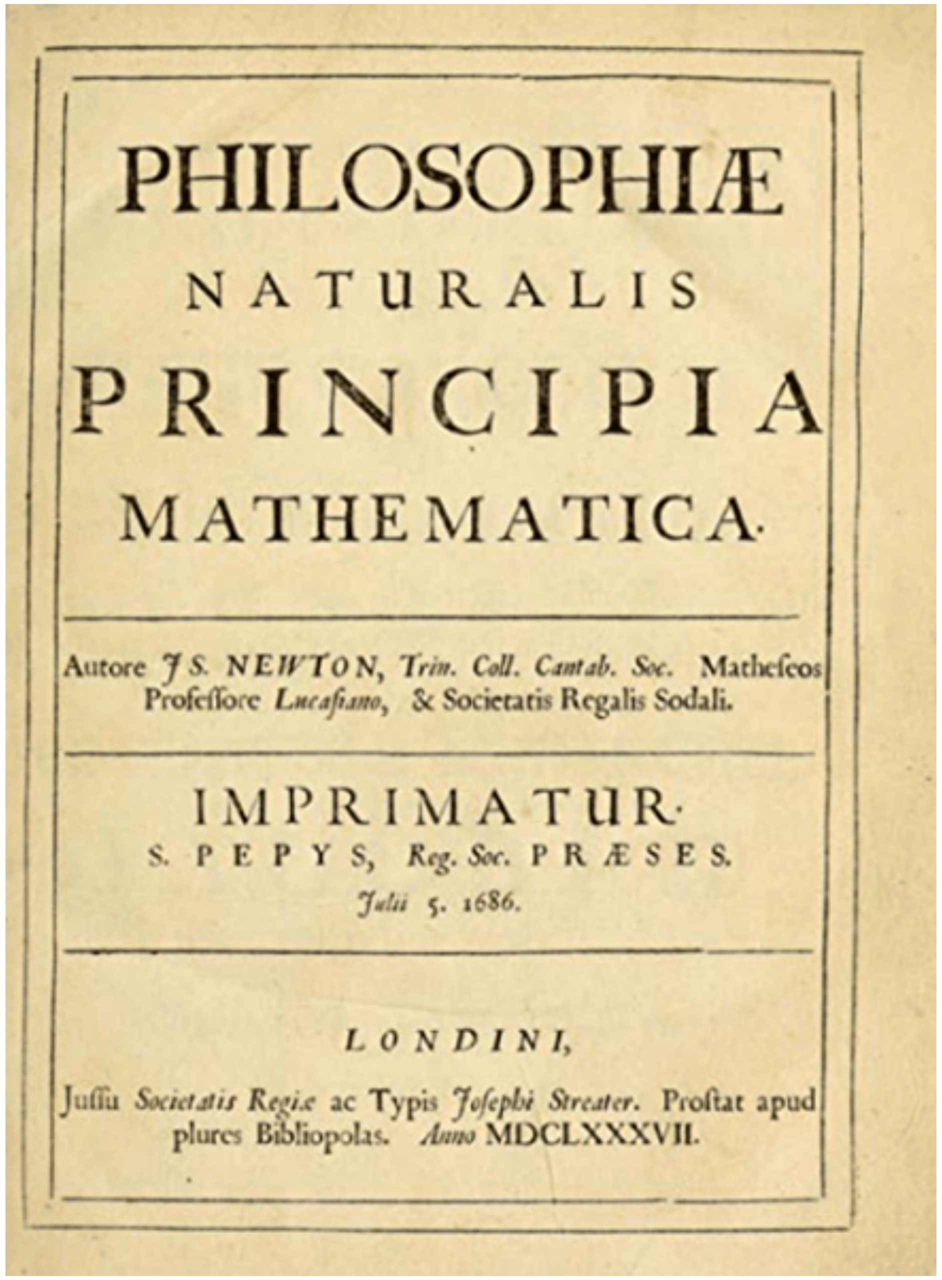
Mecânica (IGc) - 4310192

Ministrado por

Prof. Gustavo Paganini Canal

Departamento de Física Aplicada

Instituto de Física da Universidade de São Paulo



Curso ministrado online para o

Instituto de Geociências

e-mail: canal@if.usp.br

São Paulo - SP, 17 de Agosto de 2020

Sumário: Mecânica (IGc) - 4310192

- Introdução
- Padrões e unidades
- Utilização e conversão de unidades
- Incerteza e algarismos significativos
- Vetores e soma vetorial
- Componentes de vetores

Sumário: Mecânica (IGc) - 4310192

- **Introdução**
- Padrões e unidades
- Utilização e conversão de unidades
- Incerteza e algarismos significativos
- Vetores e soma vetorial
- Componentes de vetores

A importância da física

- **A física é uma das ciências de base mais importantes**
  - *Químicos: estudam a estrutura de moléculas/substâncias, como fármacos*
  - *Paleontólogos: tentam reconstruir como dinossauros caminhavam*
  - *Engenheiros: TVs a plasma, automóveis, próteses ósseas*
  - *Climatologistas: tentam prever eventos climáticos, como tornados*

- **Um tornado está se movendo a 15 km/h na direção de uma cidade que está a 45 km de distância. Quanto tempo os habitante tem para escapar?**

- **Conceitos fundamentais da física**
  - *Porque o céu é azul?*
  - *Como ondas de rádio se propagam?*
  - *Como satélites permanecem em órbita?*

A física é uma ciência experimental

- **Físicos observam fenômenos naturais a fim de encontrar padrões**
  - *Tais padrões são denominados teorias físicas ou, quando bem estabelecidos e bastante utilizados, leis ou princípios físicos*

- **De acordo com uma lenda, Galileo Galilei (1564-1642) deixava objetos cair do topo da Torre de Pisa para ver se estes caiam com a mesma velocidade**
  - *Ele descobriu que a aceleração de um corpo em queda livre não depende de seu peso*

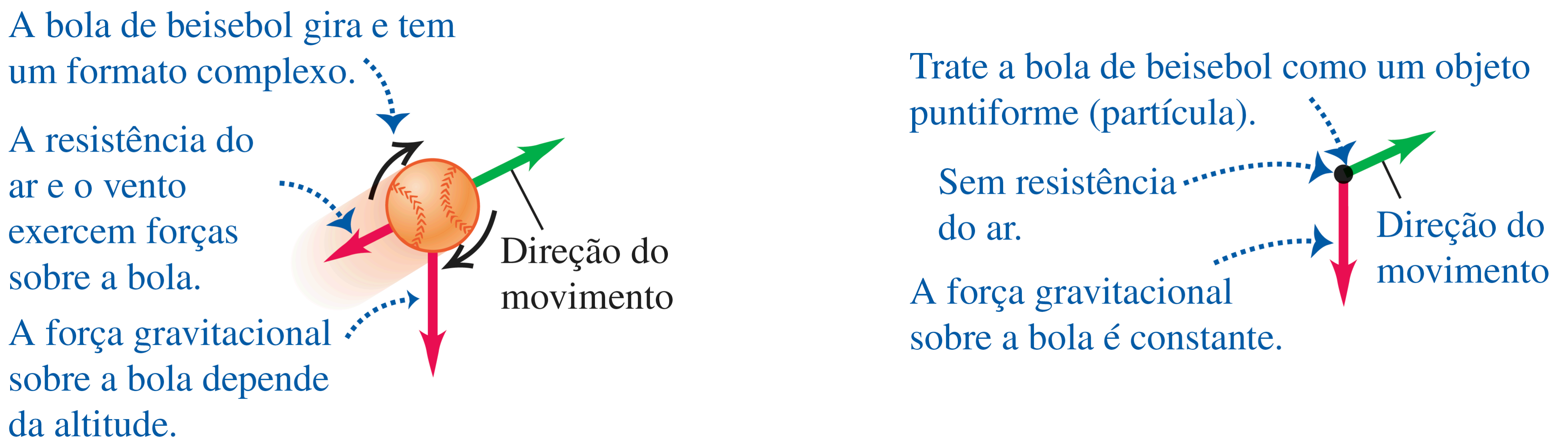
- **O modelo de Galileo só vale quando a força exercida pelo ar seja muito menor que o peso do objeto**
  - *Penas e paraquedas estão, claramente, fora do limite de validade*

Solução de problemas em física

- **Grande parte dos estudantes pensa: "Entendo os conceitos, mas não consigo resolver os problemas"**

- **Em física, compreender um conceito ou princípio significa ser capaz de aplicá-lo à problemas práticos**
  - *"Você não* ***sabe*** *física, a menos que você* ***faça*** *física"*

- **Na física, um *MODELO* é uma versão simplificada de uma sistema físico que seria complicado demais para ser analisado por completo, por exemplo:**



Sumário: Mecânica (IGc) - 4310192

- Introdução
- **Padrões e unidades**
- Utilização e conversão de unidades
- Incerteza e algarismos significativos
- Vetores e soma vetorial
- Componentes de vetores

Grandezas físicas e suas unidades de medida

- **Qualquer número usado para descrever quantitativamente um fenômeno físico denomina-se *GRANDEZA* física**
  - *Duas grandezas físicas usadas para descrever pessoas são seu peso e sua altura*

- **Quando medimos uma grandeza, sempre a comparamos com um padrão de referência**
  - *Tal padrão define uma **UNIDADE** da grandeza*

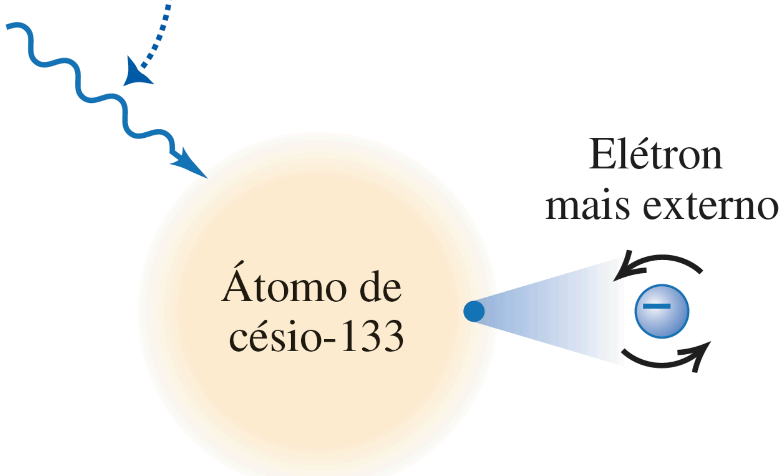
- **O sistema de unidades usado por cientistas e engenheiros para descrever grandezas físicas é chamado de *SISTEMA INTERNACIONAL* (SI)**

Grandezas físicas e suas unidades de medida: *TEMPO (s)*

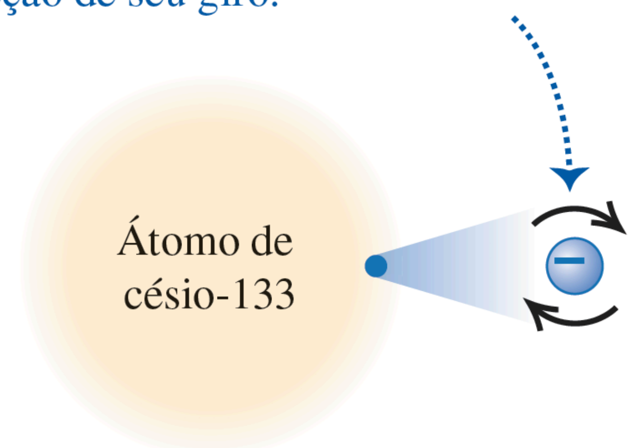
- **De 1889 até 1967, a unidade de tempo era definida como certa fração do dia solar médio**
  - *Uma forma bastante imprecisa de quantificar o tempo*

- **O padrão atual, adotado desde 1967, é muito mais preciso**
  - *Fundamentado em um relógio atômico de Césio (^{133}Cs)*

Radiação de micro-ondas com uma frequência exata de 9.192.631.770 ciclos por segundo...



... faz com que o elétron mais externo de um átomo de césio-133 inverta a direção de seu giro.



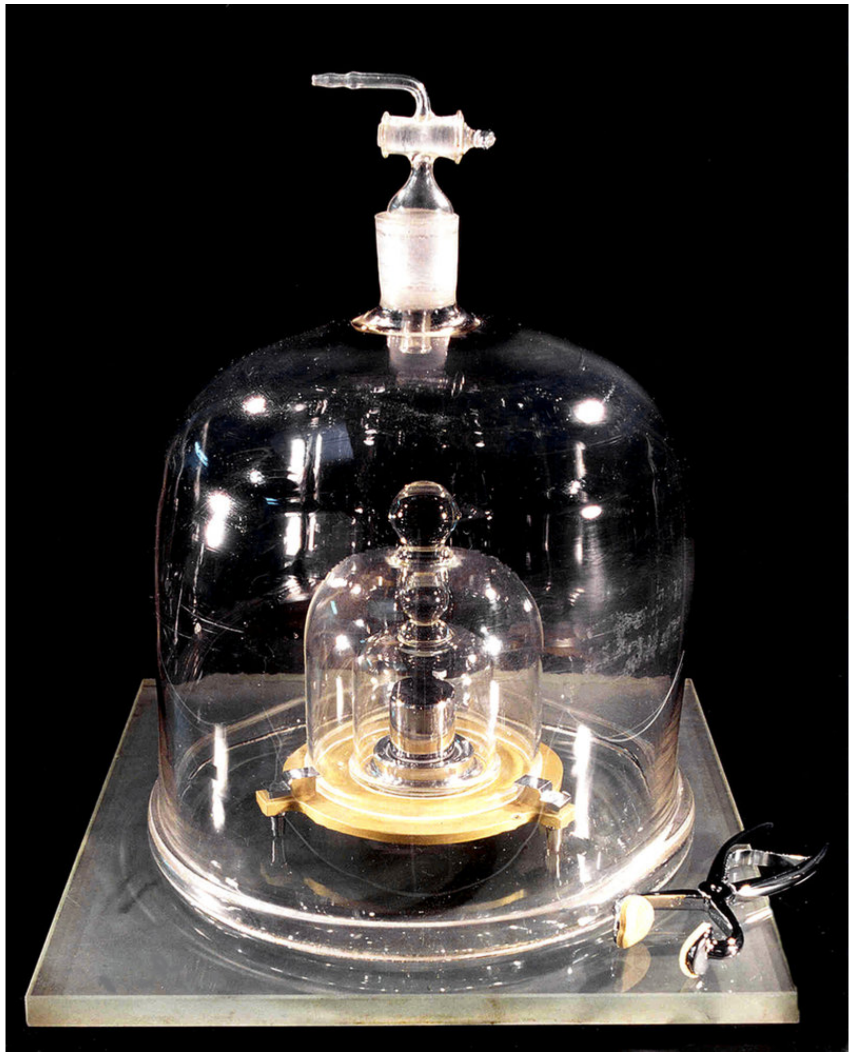
Um relógio atômico usa esse fenômeno para sintonizar micro-ondas a esta frequência exata. Em seguida, ele conta um segundo a cada 9.192.631.770 ciclos.

Grandezas físicas e suas unidades de medida: *COMPRIMENTO (m)*

- **Em 1960, um padrão atômico para o metro foi estabelecido**
  - *Baseado no comprimento de onda da luz vermelho-laranja emitida pelos átomos do criptônio (^{86}Kr) em um tubo de descarga luminescente*
- **Por esse padrão de comprimento, a velocidade da luz no vácuo foi medida como sendo c = 299.792.458 m/s**
- **Em novembro de 1983, a velocidade da luz no vácuo foi *DEFINIDA* como sendo exatamente igual a c = 299.792.458 m/s**
- **A nova definição de metro passou a ser a distância que a luz percorre no vácuo em uma fração de 1/299.792.458 do segundo**
  - *Essa definição moderna fornece um padrão de comprimento muito mais preciso*

Grandezas físicas e suas unidades de medida: *MASSA (kg)*

- **A unidade de massa é baseada num cilindro específico, feito de uma liga de platina e irídio**
  - *Esse cilindro é mantido na Agência Internacional de Pesos e Medidas em Sèvres, próximo à Paris, França*



Prefixos das unidades de medida

- **Aos nomes das unidades são adicionados prefixos**
  - *O prefixo "quilo", abreviado por k, significa sempre um múltiplo de 1000*
    - *1 quilometro = 1km = 10^3 metros = 10^3 m*
    - *1 quilograma = 1kg = 10^3 gramas = 10^3 g*
    - *1 quilowatt = 1kW = 10^3 watts = 10^3 W*

Comprimento	Massa	Tempo
1 nanômetro = 1 nm = 10^{-9} m	1 micrograma = 1 μg = 10^{-6} g	1 nanossegundo = 1 ns = 10^{-9} s
1 micrômetro = 1 μm = 10^{-6} m	1 miligrama = 1 mg = 10^{-3} g	1 microssegundo = 1 μs = 10^{-6} s
1 milímetro = 1 mm = 10^{-3} m	1 grama = 1 g= 10^{-3} kg	1 milissegundo = 1 ms = 10^{-3} s
1 centímetro = 1 cm = 10^{-2} m		
1 quilômetro = 1 km = 10^3 m		

Sumário: Mecânica (IGc) - 4310192

- Introdução
- Padrões e unidades
- **Utilização e conversão de unidades**
- Incerteza e algarismos significativos
- Vetores e soma vetorial
- Componentes de vetores

Manipulação matemática de unidades de grandezas físicas

- **Equações relacionam grandezas física representadas por símbolos algébricos**

- **Numa equação, associamos um número e uma unidade à cada símbolo algébrico**
  - *d pode representar uma distância, digamos 10 m*
  - *t pode representar um intervalo de tempo, digamos 5 s*
  - *v pode representar uma velocidade, digamos 2 m/s*

- **Uma equação deve sempre ter coerência dimensional**

$$d = vt \longrightarrow 10\ m = \left(2\frac{m}{\cancel{s}}\right)(5\ \cancel{s})$$

- **Em multiplicações e divisões, unidades são tratadas do mesmo modo que símbolos algébricos**

Sumário: Mecânica (IGc) - 4310192

- Introdução
- Padrões e unidades
- Utilização e conversão de unidades
- **Incerteza e algarismos significativos**
- Vetores e soma vetorial
- Componentes de vetores

Formas de escrever uma medida levando em conta sua incerteza

- **Ao medir a espessura da capa de um livro com uma régua comum, sua medida será confiável até o milímetro mais próximo, por exemplo, e = 3 mm**
  - *Seria errado expressar e = 3,0 mm, ou e = 2,95 mm, ou e = 3,05 mm*

- **A ACURÁCIA ou EXATIDÃO de um valor medido é o grau de aproximação esperado entre o valor real e o valor medido**
  - *Diâmetro de uma barra de aço* $d = (56{,}47 \pm 0{,}02)$ *mm significa que o diâmetro da barra deve ser* $56{,}45 \text{ mm} < d < 56{,}49 \text{ mm}$

- **Também podemos indicar a acurácia mediante o máximo erro fracionário ou erro percentual**
  - *Resistência elétrica de um resistor* $R = (47 \pm 10\%)\ \Omega$ *significa que o valor da resistência é também* $R = (47 \pm 4{,}7)\ \Omega$, *ou seja,* $42{,}3\ \Omega < R < 51{,}7\ \Omega$

O número de algarismos significativos é um indicativo da incerteza

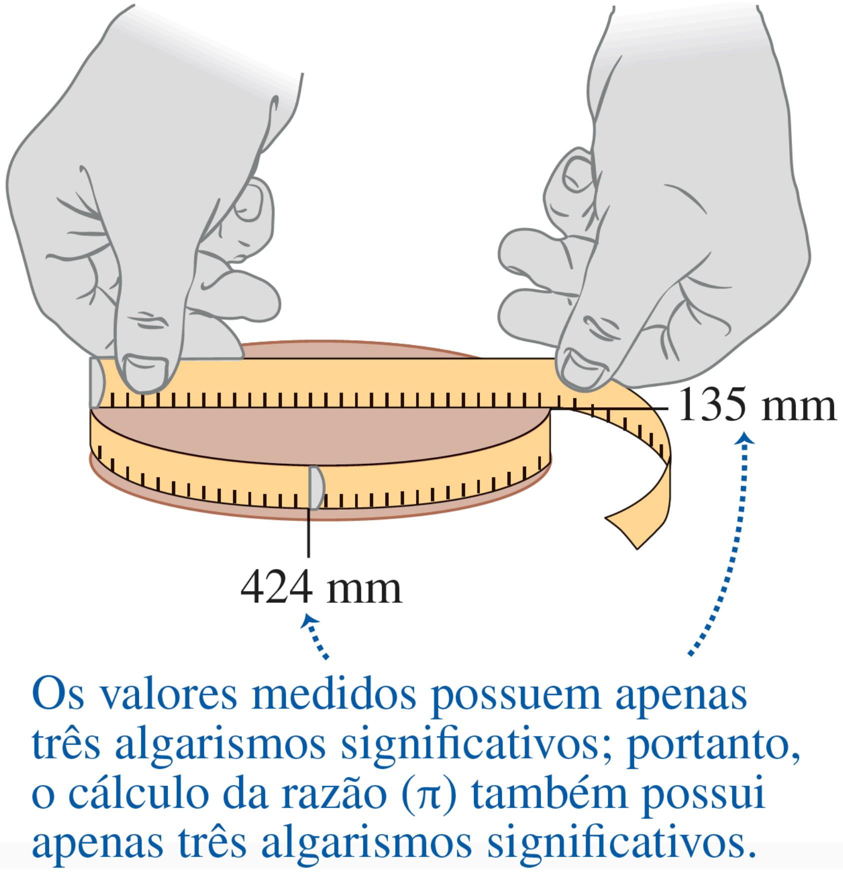
- **Em muitos casos, a incerteza de um número é indicada pelo número de dígitos, ou algarismos significativos, do valor da medida**

- **Por exemplo, se a espessura de uma porta for e = 3,05 cm**
  - *Os dois primeiros algarismos são corretos, enquanto o terceiro é incerto*
  - *A incerteza nesse caso é aproximadamente 0,01*

- **Ao trabalhar com números muito grandes ou muito pequenos, podemos mostrar os algarismos significativos mais facilmente usando notação científica**
  - *A distância entre a Terra e a Lua é aproximadamente* $d_{TL} = 384.000.000$ *m*
  - *Em notação científica temos que* $d_{TL} = 3,84 \times 10^{8}$ *m*
  - *O número* $4,00 \times 10^{-7}$ *possui três algarismos significativos, embora haja 2 zeros depois da vírgula*

Operações matemáticas e algarismos significativos

- **Vamos verificar o valor de π (3,141592654)**
  - *Meça o diâmetro e circunferência de um círculo*
  - *d = 135 mm*
  - *L = 424 mm*



$$\frac{L}{d} = \frac{424\ \cancel{mm}}{135\ \cancel{mm}} = 3{,}140740741 \longrightarrow \frac{L}{d} = 3{,}14^*$$

Note que ao reduzir uma resposta ao número apropriado de algarismos significativos, **DEVEMOS ARREDONDAR, e não truncar, a resposta*

- **Usando a calculadora, divida 525 m por 311 m. O resultado será 1,688102894**
  - *Com três algarismos significativos, o resultado será 1,69 e não 1,68*
  - *Entre 0 e 4 arredonda para baixo e entre 5 e 9 arredonda para cima*

Sumário: Mecânica (IGc) - 4310192

- Introdução
- Padrões e unidades
- Utilização e conversão de unidades
- Incerteza e algarismos significativos
- **Vetores e soma vetorial**
- Componentes de vetores

Diferença entre grandezas escalares e vetoriais

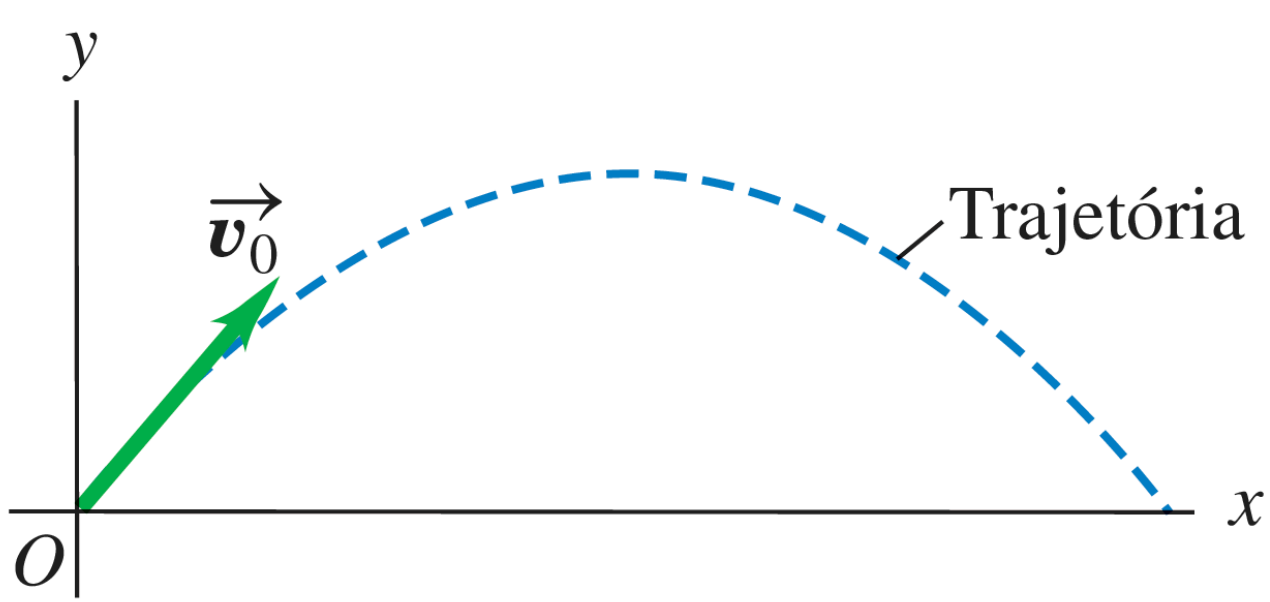
- **Algumas grandezas físicas, como tempo, temperatura, massa, densidade e carga elétrica, podem ser descritas por um único número com uma unidade**
- **No entanto, existem grandezas que possuem uma direção associada e não podem ser descritas por um único número**
- **Por exemplo, o nível de conforto em um dia de vento depende da temperatura, uma grandeza escalar, e da velocidade do vento, que é uma grandeza vetorial**

Representação de grandezas vetoriais

- **Um exemplo simples de grandeza que possui direção é o movimento de um avião**
  - *Não basta dizer com que velocidade ele se desloca*
  - *É necessário dizer a direção de seu movimento*

- **Geralmente, representamos uma grandeza vetorial por uma letra com uma seta sobre ela, por exemplo,** $\overrightarrow{\mathbf{A}}$

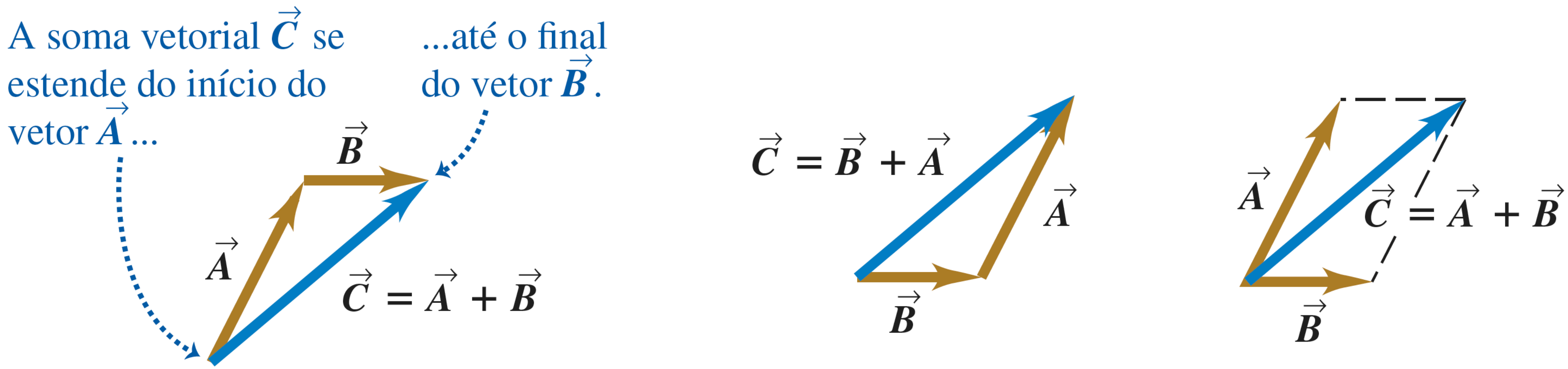
- **A velocidade de um corpo lançado do chão pode ser representada por um vetor** $\overrightarrow{v_0}$



Soma e subtração vetorial

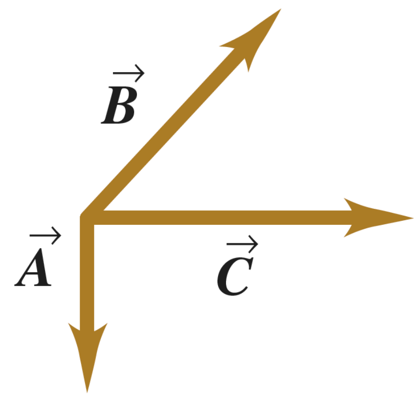
- **O módulo de um vetor é sempre um número positivo e este pode ser representado por**
  - *(Módulo de* $\vec{\mathbf{A}}$*)* = | $\vec{\mathbf{A}}$ | = $\mathbf{A}$
  - *Escrever* $\vec{\mathbf{A}}$ *= 6 cm é um erro, pois não há informação sobre a direção*

- **Suponhamos que um objeto sofra um deslocamento** $\vec{\mathbf{A}}$ **seguido de um deslocamento** $\vec{\mathbf{B}}$
  - *O resultado final é igual a um único deslocamento, começando no mesmo ponto inicial e terminando no mesmo ponto final* $\vec{\mathbf{C}}$

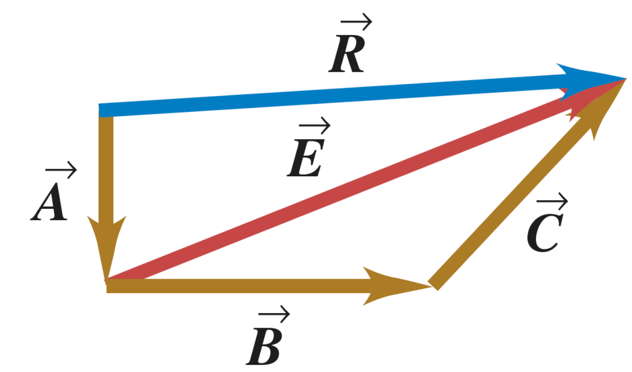


A soma vetorial é uma operação comutativa e associativa

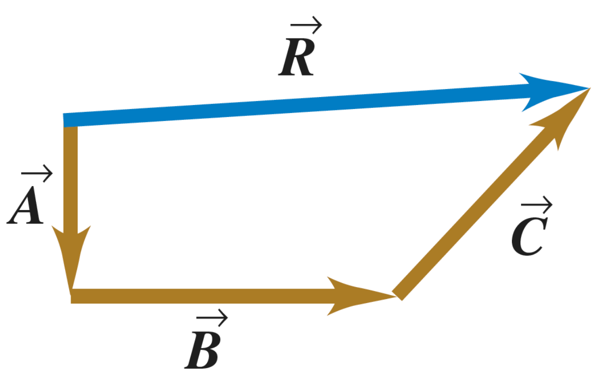
- **Exemplo: Dados três vetores, $\vec{A}$, $\vec{B}$ e $\vec{C}$, encontre a soma $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$**



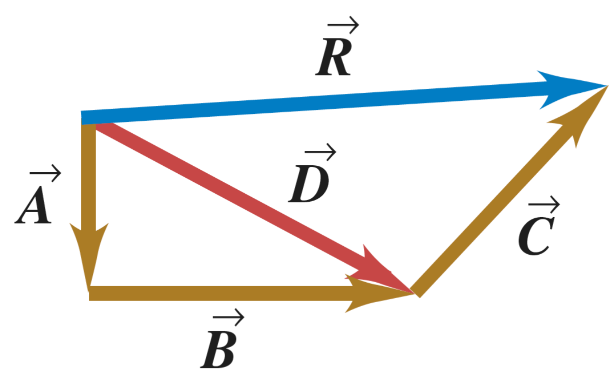
Caso 4: $\vec{R} = \vec{A} + (\vec{B} + \vec{C})$



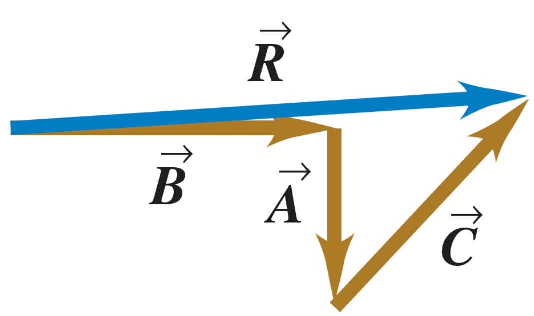
Caso 1: $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$



Caso 2: $\vec{R} = (\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C}$



Caso 3: $\vec{R} = \vec{B} + \vec{A} + \vec{C}$

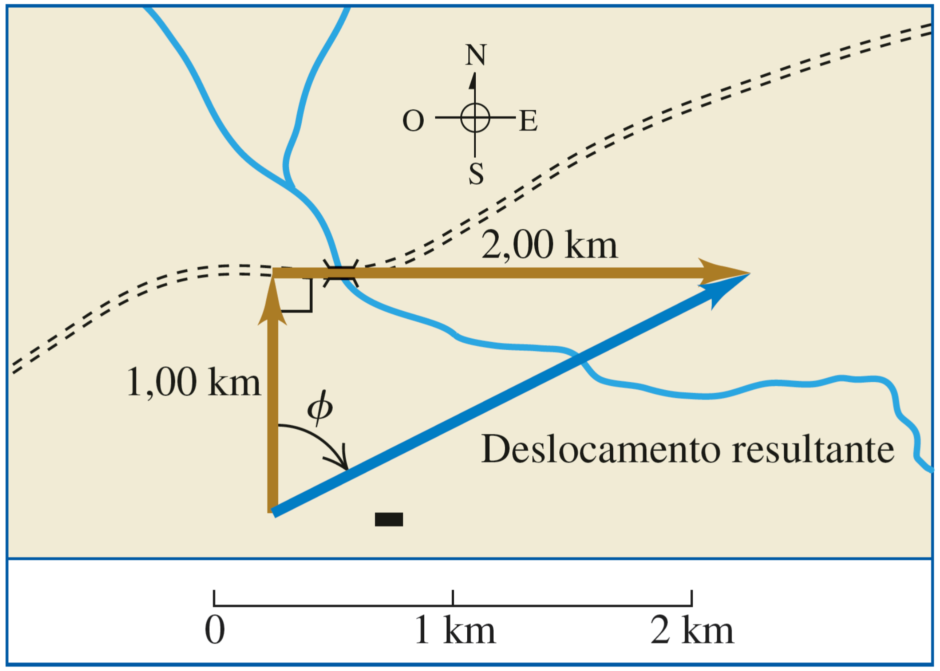


A soma vetorial é uma operação comutativa

Exemplo: soma de dois vetores em ângulos retos

- **Uma esquiadora percorre 1,00 km para o norte e depois 2,00 km para o leste em um campo horizontal coberto de neve. A que distância ela está do ponto de partida, e em que direção?**
  - *Solução: a distância do ponto de partida ao de chegada é igual ao comprimento da hipotenusa*

$$d = \sqrt{(1{,}00\ km)^2 + (2{,}00\ km)^2} = 2{,}24\ km$$



  - *Um pouco de trigonometria nos permite encontrar o ângulo* ϕ

$$\tan\phi = \frac{\text{Lado Oposto}}{\text{Lado Adjacente}} = \frac{2{,}00\ km}{1{,}00\ km} = 2{,}00$$

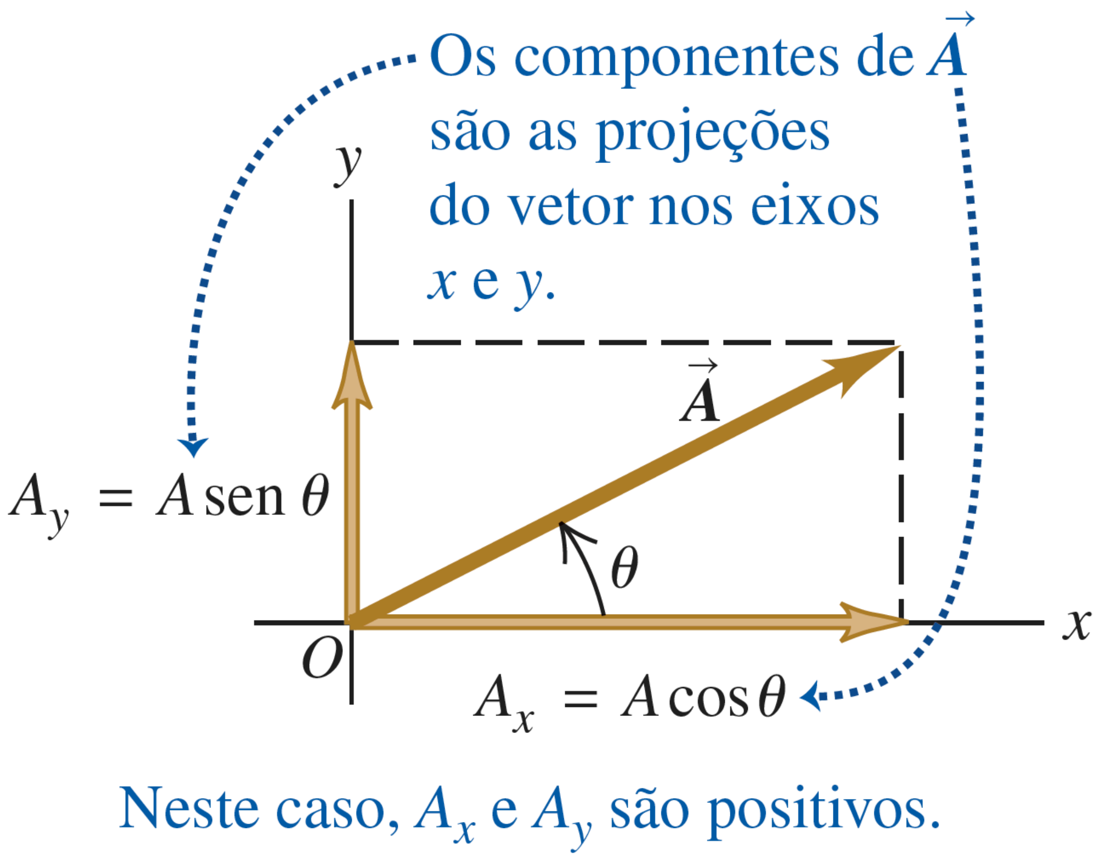
$$\phi = \arctan 2{,}00 = 63{,}4^{o}$$

Sumário: Mecânica (IGc) - 4310192

- Introdução
- Padrões e unidades
- Utilização e conversão de unidades
- Incerteza e algarismos significativos
- Vetores e soma vetorial
- **Componentes de vetores**

Decomposição de um vetor em seus componentes

- **Para definir os componentes de um vetor $\vec{\mathbf{A}}$, começamos com um sistema de coordenadas cartesianas**

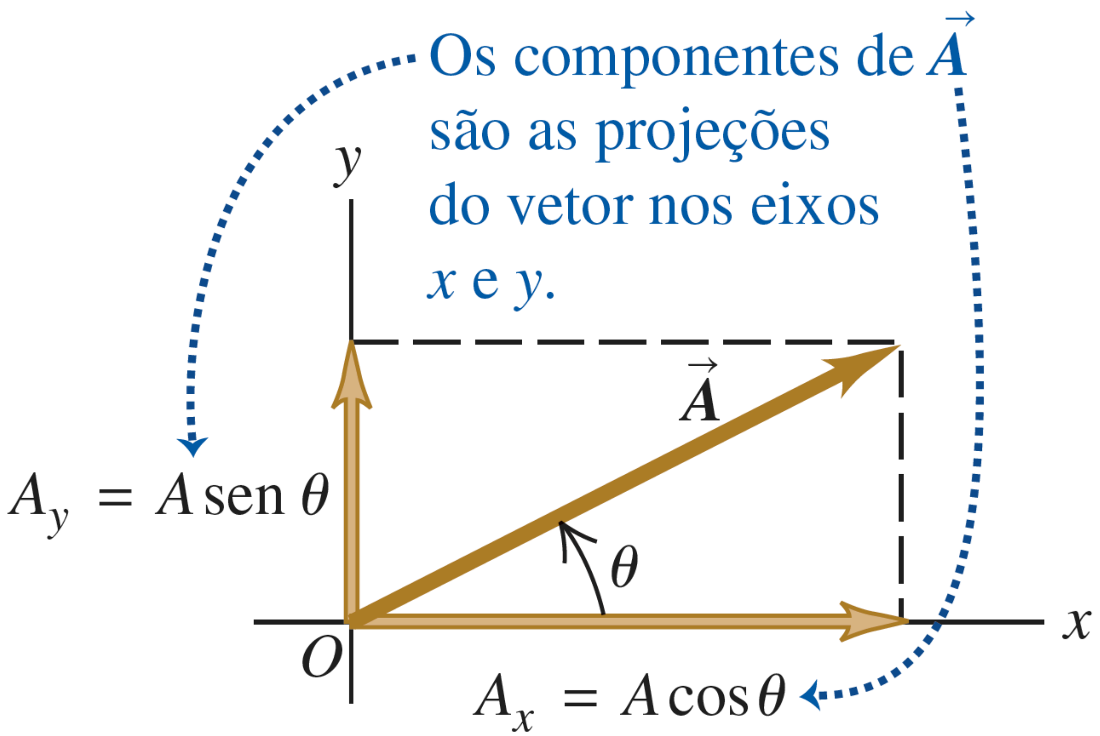


Note que A_x e A_y NÃO SÃO vetores!!!

- **Se $\vec{\mathbf{A}}$ for um vetor deslocamento, podemos pensar em $\vec{\mathbf{A}}$ como sendo a soma de um deslocamento paralelo ao eixo x e um ao eixo y.**
  - *Os números A_x e A_y correspondem à deslocamentos paralelos aos eixos x e y, respectivamente*

Decomposição de um vetor em seu módulo e direção

- **Podemos calcular os componentes do vetor $\vec{\mathbf{A}}$ conhecendo seu módulo $A = |\vec{\mathbf{A}}|$ e sua direção**



$$\frac{A_x}{A} = \cos\theta \qquad A_x = A\cos\theta$$

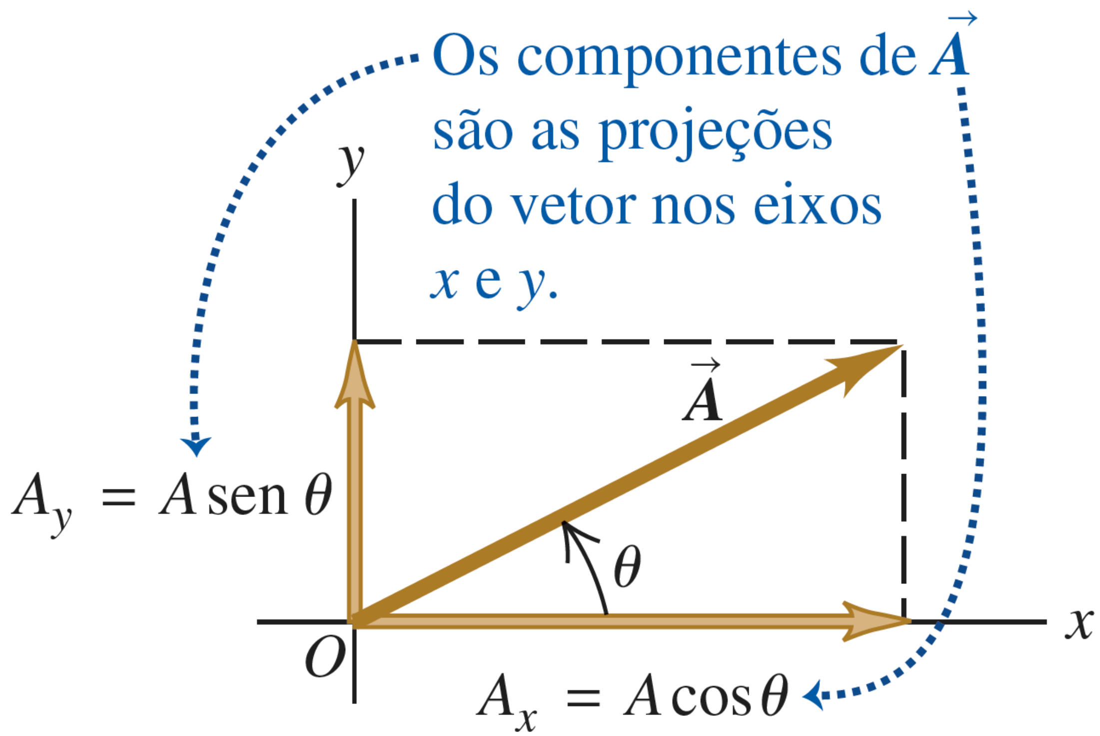
$$\frac{A_y}{A} = \sin\theta \qquad A_y = A\sin\theta$$

- **Note que $\mathbf{A_x}$ e $\mathbf{A_y}$ podem ser números negativos, enquanto $A = |\vec{\mathbf{A}}|$ é um número positivo**

Módulo e direção de um vetor a partir de seus componentes

- **Podemos descrever completamente um vetor especificando seu módulo, sua direção e seu sentido, ou mediante seus componentes x e y**

- **Pelo teorema de Pitágoras, temos que**



$$A_x = A\cos\theta \qquad A_y = A\sin\theta$$

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

$$\tan\theta = \frac{A_y}{A_x} \quad \text{ou} \quad \theta = \arctan\frac{A_y}{A_x}$$

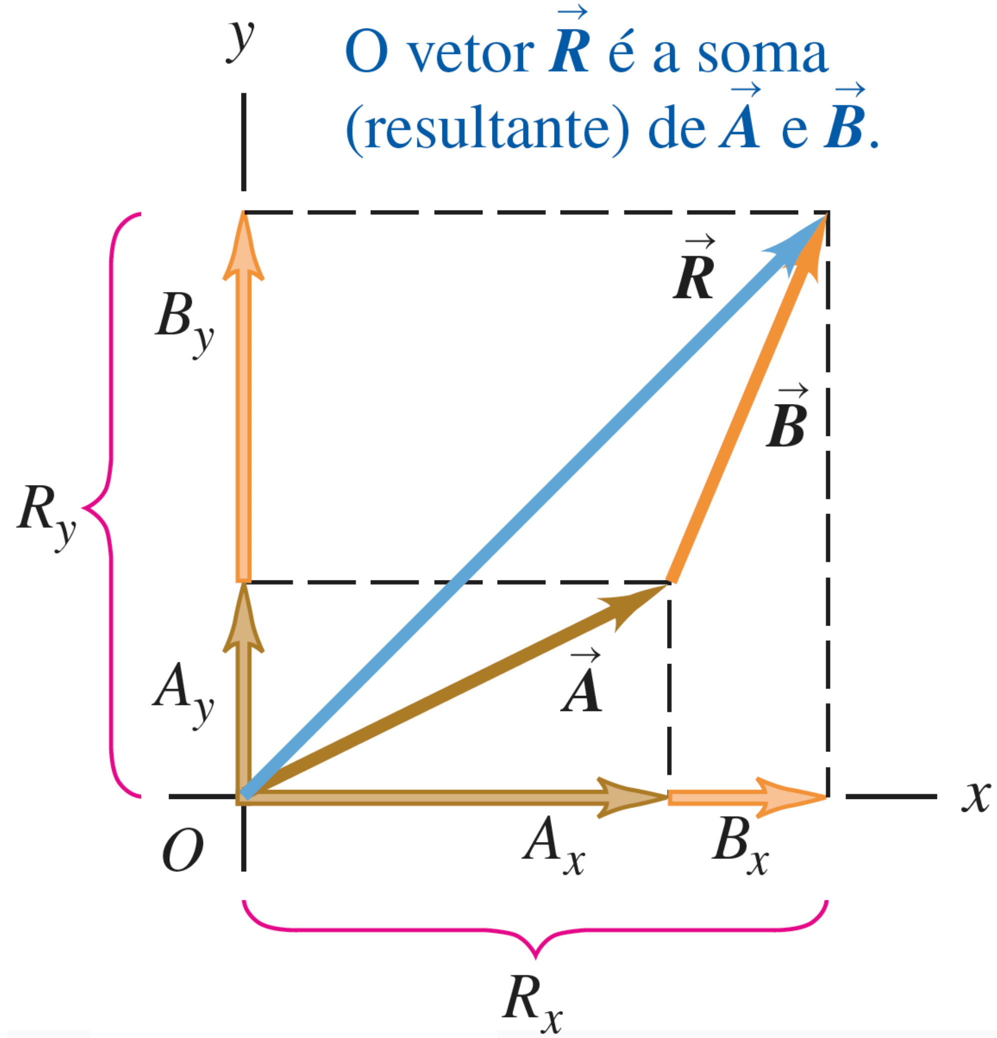
- **Multiplicação por constante:** $\vec{\mathbf{D}} = c\vec{\mathbf{A}} \quad \longrightarrow \quad D_x = cA_x \quad \text{e} \quad D_y = cA_y$

Soma vetorial através da soma de seus componentes

- **Cada componente do vetor resultante $\overrightarrow{\mathbf{R}} = \overrightarrow{\mathbf{A}} + \overrightarrow{\mathbf{B}}$ é a soma dos componentes de $\overrightarrow{\mathbf{A}}$ e $\overrightarrow{\mathbf{B}}$**

$$R_x = A_x + B_x$$

$$R_y = A_y + B_y$$



- **De forma geral:**

$$R_x = A_x + B_x + C_x + D_x + E_x$$

$$R_y = A_y + B_y + C_y + D_y + E_y$$

Soma vetorial em três dimensões

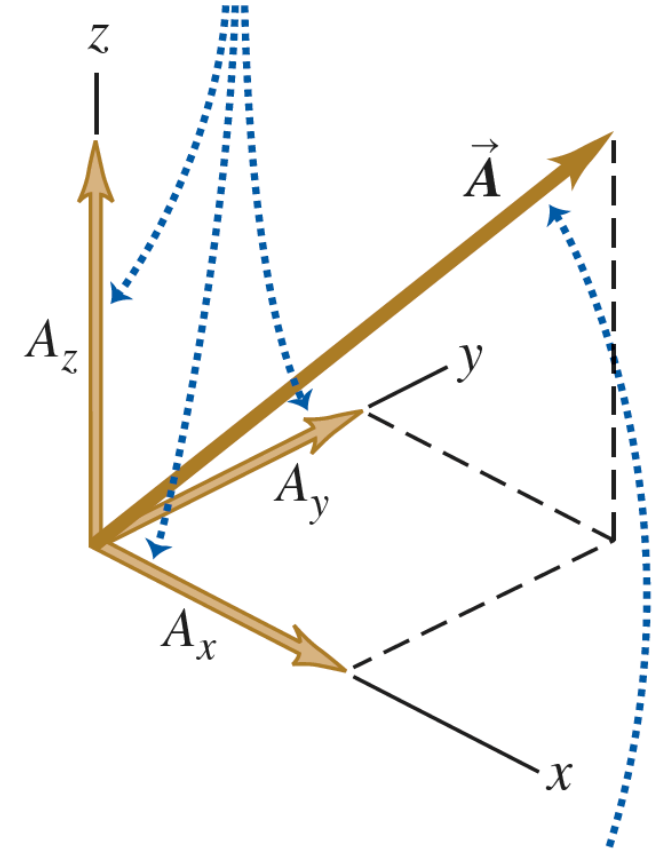
- **Em três dimensões, é necessário adicionar ainda uma terceira componente**

$$R_x = A_x + B_x + C_x + D_x + E_x$$

$$R_y = A_y + B_y + C_y + D_y + E_y$$

$$R_z = A_z + B_z + C_z + D_z + E_z$$

Em três dimensões, um vetor tem componentes x, y e z.



O módulo do vetor $\vec{A}$ é $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$.

Exercícios de fixação

- **Ler e fazer todos os exemplos do capítulo 1 até o fim da seção 1.8**
  - *Exercícios seções 1.3 e 1.4: 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 e 1.6*
  - *Exercícios seção 1.5: 1.14, 1.15 e 1.16*
  - *Exercícios seção 1.7: 1.24, 1.25 e 1.26*
  - *Exercícios seção 1.8: 1.27, 1.28, 1.29, 1.30, 1.31, 1.32, 1.33, 1.34 e 1.35*