Física Geral I
F -128

Aula 01

Bem vindos!

- à Unicamp

- à vida universitária

- a uma relação professor/aluno entre adultos

Introdução

- Relação da Física com outras ciências
- O método científico
- Grandezas Físicas Fundamentais
  - Experimentador
    - Relógio
    - Régua
    - Balança
- Ordens de grandeza, algarismos significativos
- Análise dimensional

Metas da Física

- Observar, descrever e entender a regularidade dos fenômenos naturais.
- Encontrar as leis gerais por trás das regularidades.
- Século XVI (Galileu Galilei): O Método Científico.

O Método Científico

Instituto de Física Gleb Wataghin

- Observação e experimentação (reprodutibilidade): teste crucial na formulação das leis naturais
- A Física parte de dados experimentais
- Acordo com a experiência é o juiz supremo da validade de qualquer teoria: não vale autoridade, hierarquia, iluminação divina.
- Abstração e indução: simplificar para entender, construir modelos.
- Leis e teorias (novas previsões)
- Arma mais poderosa contra as pseudo-ciências, o charlatanismo, a enganação.

O Método Científico

OBSERVAÇÃO

⇓

EXPERIMENTAÇÃO

⇓

MODELAGEM

⇓

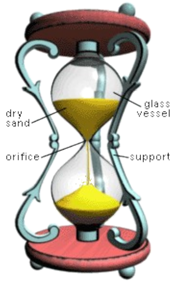
PREVISÃO

Física Experimental

Experimentador	Relógio	⟶	Tempo
	Régua	⟶	Comprimento
	Balança	⟶	Massa

As grandezas fundamentais

- tempo: [T]

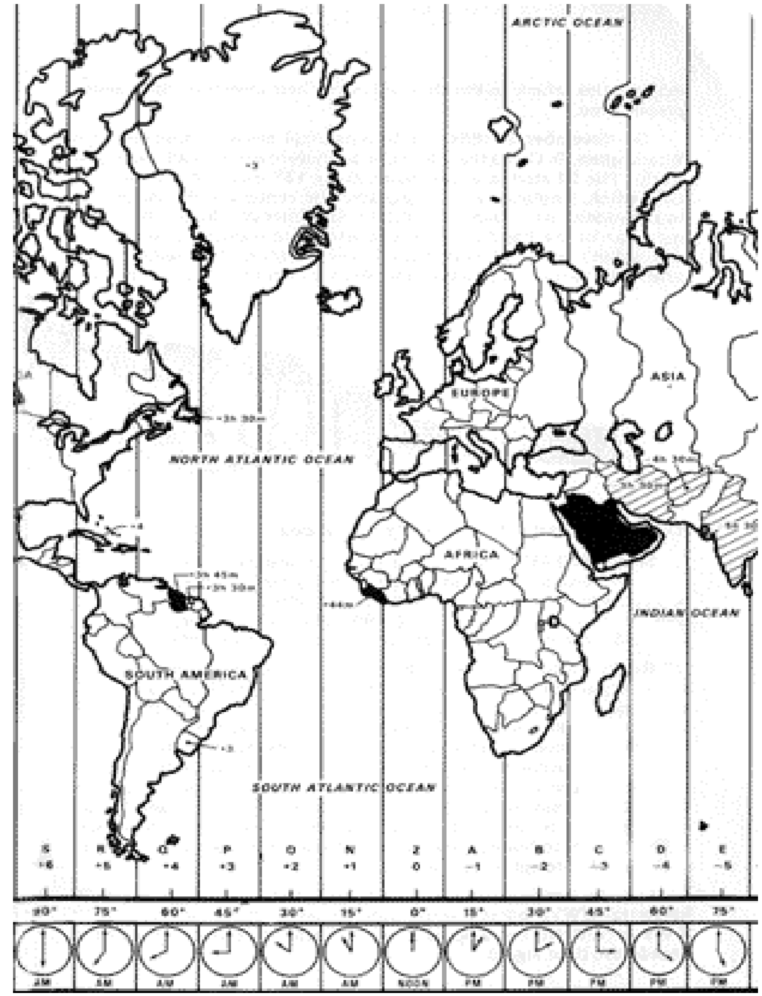


- comprimento: [L]

- massa: [M]

Relógios precisos

- Determinação da longitude : fundamental para a navegação
- Comparar hora local (posição do Sol) com hora de Greenwich
- Terra gira 360º em 24 horas, variação de uma hora → desvio de 15º de longitude.
- John Harrison, carpinteiro, século XVIII: melhora na metalurgia, melhores molas para relógios, 1 parte em 10^5.



Padrão do tempo

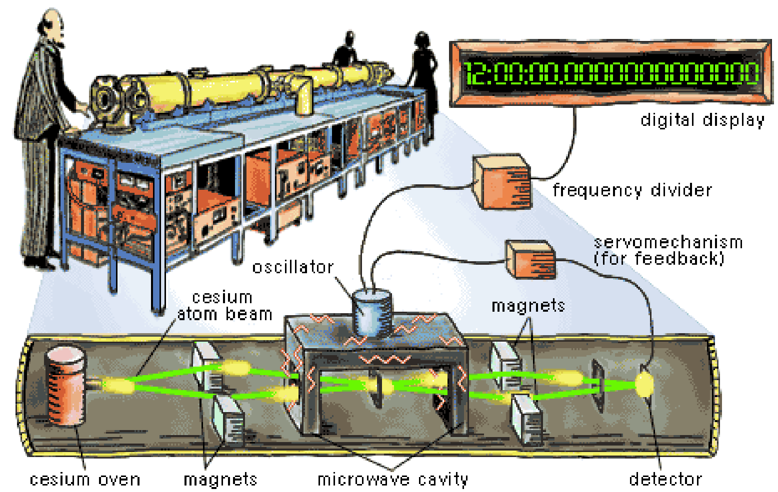
- Até 1956, 1 s =1/86400 do dia solar médio (média sobre o ano de um dia)
- 1956: padrão baseado no ano solar.
- 1967: 13ª Conferência Geral sobre Pesos e Medidas definiu 1s como 9.192.631.770 períodos da radiação de uma transição atômica especificada do Césio 133 (definição do relógio atômico).
- 1999: NIST-F1, Padrão atual (relógio atômico)

A medição moderna do tempo

Relógio Atômico

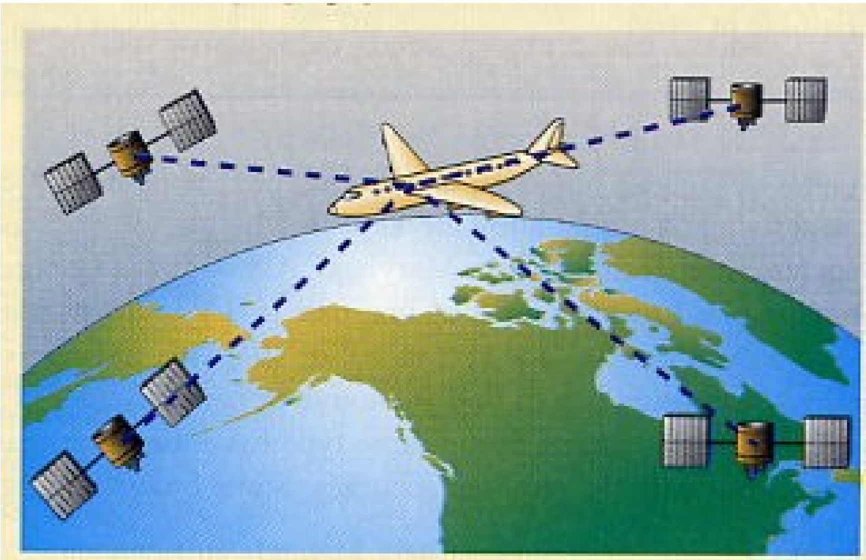
Átomos de Césio 133 têm uma transição numa frequência de 9.192.631.770 ciclos /s (Hz)
Os átomos absorvem energia na cavidade de microondas e ficam em ressonância.
Átomos de Césio sempre emitem nesta mesma frequência: **bom padrão de medida de tempo.**
Em 1967, na 13a. Conferência Geral de Pesos e Medidas, foi definido como **padrão de tempo:**

1s→ 9.192.631.770 ciclos de uma transição hiperfina do césio 133



Uma Aplicação: GPS

- O Global Positioning System (GPS) consiste de uma rede de mais de 24 satélites orbitando a 20.000 km de altitude, de modo que, o tempo todo, pelo menos 4 deles estejam "visíveis" de qualquer ponto da Terra.
- Cada satélite tem um relógio atômico.
- Cada receptor tem apenas um relógio de quartzo.
- Precisão de poucos metros.



Alguns tempos característicos

Tempos	Segundos
Menor tempo concebível na física atual, denominado tempo de Planck	10^{-43}
Tempo para a luz atravessar o núcleo	10^{-23}
Período de oscilação da luz visível	10^{-15}
Período de oscilação de um rádio FM	10^{-8}
Período do motor de um carro veloz	10^{-2}
Período da batida cardíaca	10^{0}
Duração do dia	10^{5}
Duração do ano	10^{7}
Duração da vida humana	10^{9}
Desde o surgimento da escrita	10^{11}
Desde o surgimento do homem	10^{13}
Idade da Terra	10^{17}
Idade do Universo	10^{18}

Instituto de Física Gleb Wataghin

Medida de tempos longos: datação com ^{14}C.

- Meia vida do ^{14}C: $T_{1/2} = 5.730$ anos
- Equilíbrio dinâmico na atmosfera $^{14}N \Leftrightarrow {}^{14}C$ (raios cósmicos)
- A fração de ^{14}C (1 átomo para cada 7,8 $\times 10^{11}$ de ^{12}C) é constante em organismos vivos pela constante troca de CO_2 com o ambiente (fotossíntese).
- A fração de ^{12}C não muda após a morte, porém existe desintegração do ^{14}C.
- Comparando a relação $^{14}C/^{12}C$ em fósseis determina-se a sua idade.
- Espécimes da ordem de 20.000 anos podem ser datados.

O metro Padrão

- 1792- International System (SI) Metro, 1 m = 10^{-7} da distância do polo norte ao equador (meridiano de Paris)
- 1797- Barra de platina-irídio
- 1960- CGPM: 1 m = 1.650.763,73 comprimentos de onda da transição $2p^{10}$ $5d^{5}$ do kriptônio-86
- 1983- Distância percorrida pela luz no vácuo em 1/299.792.458 de segundo. Este intervalo foi escolhido para que a velocidade da luz seja <u>definida</u> como

$$c = 299.792.458 \text{ m/s}.$$

Alguns comprimentos característicos

Instituto de Física Gleb Wataghin

Comprimentos	Metros	
Menor distância conceptível na física atual, denominada comprimento de Planck	10^{-35}	Métodos indiretos
Menor dimensão já pesquisada	10^{-21}	
Dimensão do núcleo atômico	10^{-15}	Microscopia eletrônica
Dimensão do átomo	10^{-10}	
Dimensão de um vírus	10^{-8}	Microscopia ótica
Dimensão de uma bactéria	10^{-5}	
Comprimento de onda da luz	10^{-6}	Métodos diretos
Altura do homem	10^{0}	
Diâmetro da Terra	10^{7}	Luminosidade
Distância até o Sol	10^{11}	
Distância até a estrela mais próxima	10^{16}	
Dimensão da Via Láctea	10^{21}	
Distância até Andrômeda	10^{22}	
Dimensão do Universo	10^{26}	

Alguns comprimentos característicos

Video: “Powers of Ten”

http://www.youtube.com/watch?v=L5L7K0pbU4I

Outra sugestão:

http://htwins.net/scale2/scale2.swf?bordercolor=white

O Quilograma Padrão

- 1889: a 1ª Conferência Geral sobre Pesos e Medidas definiu o padrão do quilograma como uma peça de Platina-Irídio, mantida no IBWM.
- Um segundo padrão de massa: o átomo de carbono-12, ao qual se atribuiu uma massa de 12 *unidades de massa atômica* (*u*), sendo que :

$$1\text{u} = 1{,}66053886 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

Algumas massas características

Massas	Quilogramas
Massa do elétron	10^{-30}
Massa do próton	10^{-27}
Massa de um vírus	10^{-21}
Massa de uma bactéria	10^{-12}
Massa de uma pulga	10^{-7}
Massa do homem	10^{2}
Massa do Pão de Açúcar	10^{10}
Massa da atmosfera	10^{19}
Massa dos oceanos	10^{21}
Massa da Terra	10^{25}
Massa do Sol	10^{30}
Massa da Via Láctea	10^{41} a 10^{42}
Massa do Universo	10^{53} a 10^{54}

Unidades SI

UNIDADES SI

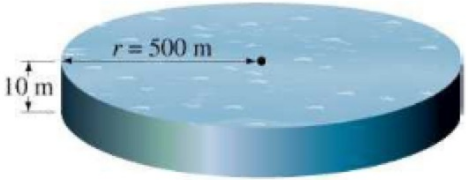
Nome	Símbolo	Grandeza
metro	m	Comprimento
kilograma	kg	Massa
segundo	s	Tempo
ampère	A	Corrente elétrica
kelvin	K	Temperatura termodinâmica
mol	mol	Quantidade de substância
candela	cd	Intensidade luminosa

Estimativa

Dá a idéia da **ordem de grandeza** do parâmetro em questão

Volume de um lago

(a)



(b)

FIGURE 1–10 Example 1–6. (a) How much water is in this lake? (Photo is of one of the Rae Lakes in the Sierra Nevada of California.) (b) Model of the lake as a cylinder. [We could go one step further and estimate the mass or weight of this lake. We will see later that water has a density of 1000 kg/m^3, so this lake has a mass of about $(10^3\ \text{kg/m}^3)(10^7\ \text{m}^3) \approx 10^{10}$ kg, which is about 10 billion kg or 10 million metric tons. (A metric ton is 1000 kg, about 2200 lbs, slightly larger than a British ton, 2000 lbs.)]

Tamanho de uma folha de papel

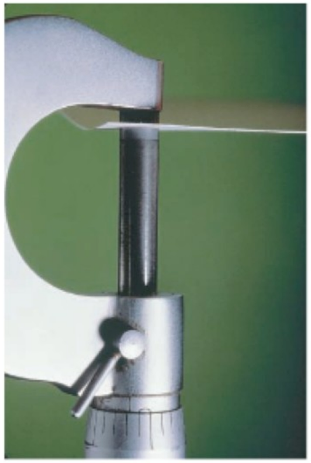


FIGURE 1–11 Example 1–7. A micrometer, which is used for measuring small thicknesses.

Ordem de Grandeza

Ordem de grandeza: potência de dez de um número escrito em notação científica.

Exemplo: se $A = 2{,}3 \times 10^4$ e $B = 7{,}8 \times 10^5$, a ordem de grandeza de A é 4 e a ordem de grandeza *mais próxima* de B é 6.

Questão: qual a distância aproximada entre esta sala e a entrada do bandejão?

a) $1\ m = 10^0\ m$
b) $10\ m = 10^1\ m$
c) $100\ m = 10^2\ m$
d) $1000\ m = 10^3\ m$

Algarismos significativos

IFGW Instituto de Física Gleb Wataghin

Mantêm-se nos cálculos somente a quantidade de algarismos compatível com as incertezas.

Questão: qual a distância aproximada entre esta sala e a entrada do bandejão?

$L = 350 \pm 10$ m

$= (3{,}5 \pm 0{,}1) \times 10^2$ m

(dois algarismos significativos bastam)

Algarismos significativos

Curiosidade: precisão das medidas atuais é impressionante! Quando escrevemos a velocidade da luz como

$$c = 299\ 792\ 458\ m/s$$

enfatizamos que temos 9 algarismos significativos, e trabalharemos com a precisão de 1 em 10^8 (medir a distância daqui ao bandejão com precisão de uma bactéria). Se esrevemos

$$c = 3\ .\ 10^{8}\ m/s$$

indicamos que trabalharemos em uma precisão “normal” (uma parte em 10, ou 100, ou 1000...).

Análise Dimensional

A análise dimensional é a área da Física que se interessa pelas unidades de medida das grandezas físicas. Ela tem grande utilidade na previsão, verificação e resolução de equações que relacionam as grandezas físicas, garantindo sua correção e homogeneidade. A análise dimensional usa o fato de que as dimensões podem ser tratadas como grandezas algébricas, isto é, podemos somar ou subtrair grandezas nas equações somente quando elas possuem as mesmas dimensões.

Uma equação só pode ser fisicamente verdadeira se ela for dimensionalmente homogênea.

Em análise dimensional, neste curso, utilizamos apenas três grandezas: massa, comprimento e tempo, que são representadas pelas letras M, L e T respectivamente. Podemos, a partir dessas grandezas, determinar uma série de outras.

Exemplo 1:

Tempo necessário para um objeto atingir o solo, solto a partir de uma altura h:

Hipótese: este tempo depende da massa do objeto, da altura *h* e da aceleração da gravidade *g*:

$$t \propto m^\alpha \times h^\beta \times g^\gamma \quad \rightarrow \quad [T] = [M]^\alpha \times [L]^\beta \times \left(\frac{[L]}{[T]^2}\right)^\gamma$$

Resposta (possível):

$$\left.\begin{array}{l} \alpha = 0 \\ \beta = +1/2 \\ \gamma = -1/2 \end{array}\right\} \quad \rightarrow \quad t \propto \sqrt{\frac{h}{g}}$$

Exemplo 2:

Mas sabemos que a vida é mais complicada... Como implementar resistência do ar?

Hipótese: este tempo depende da densidade do meio, da área transversal do objeto, e da sua velocidade:

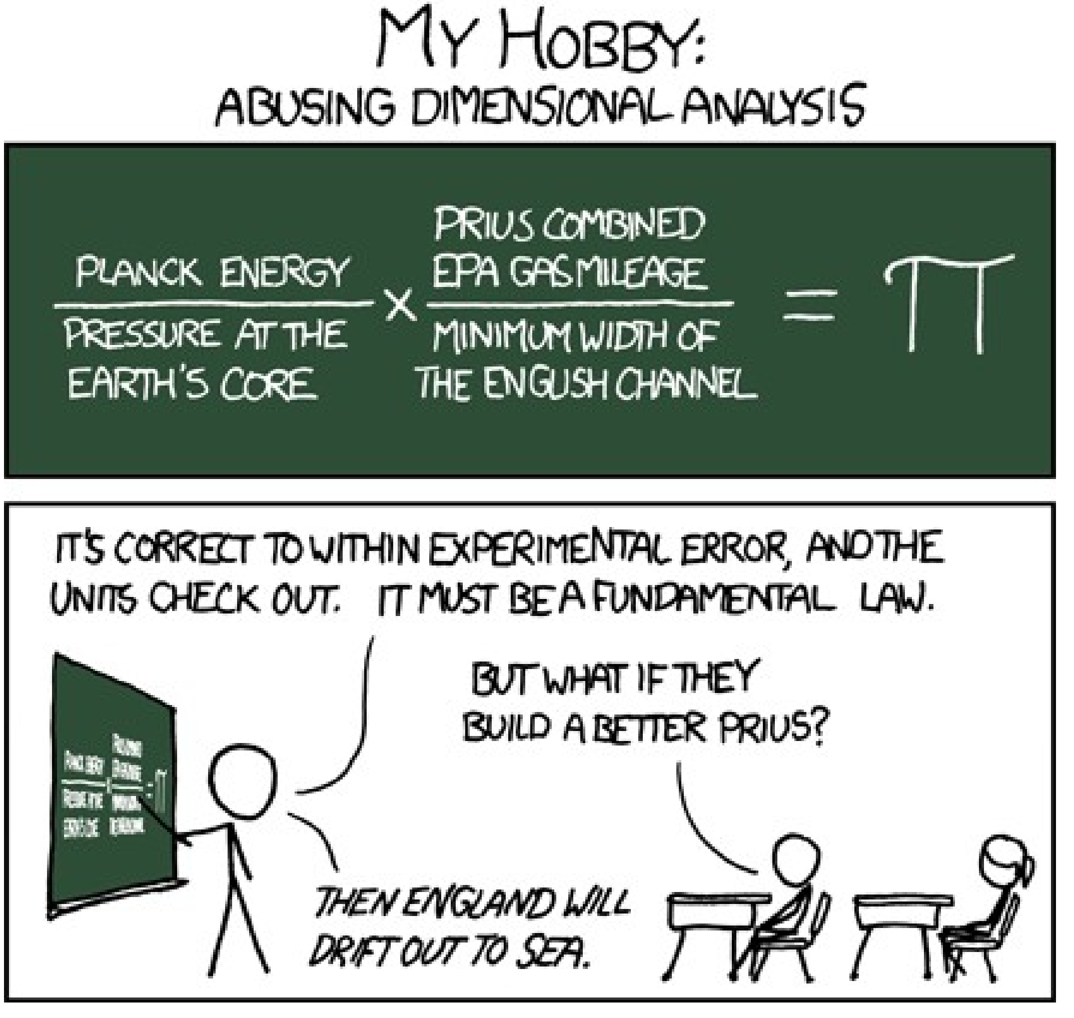
$$F \propto \rho_{ar}^{\alpha} \times area^{\beta} \times v^{\gamma} \quad \rightarrow \quad \frac{[M][L]}{[T]^2} = \left(\frac{[M]}{[L]^3}\right)^{\alpha} \times ([L]^2)^{\beta} \times \left(\frac{[L]}{[T]}\right)^{\gamma}$$

Resposta (possível):

$$\left.\begin{array}{l} \alpha = 1 \\ \beta = 1 \\ \gamma = +2 \end{array}\right\} \quad \rightarrow \quad F \propto \rho.A.v^2$$

Possível, mas não única Fórmula válida para altas velocidades.
O que mais poderíamos incluir?

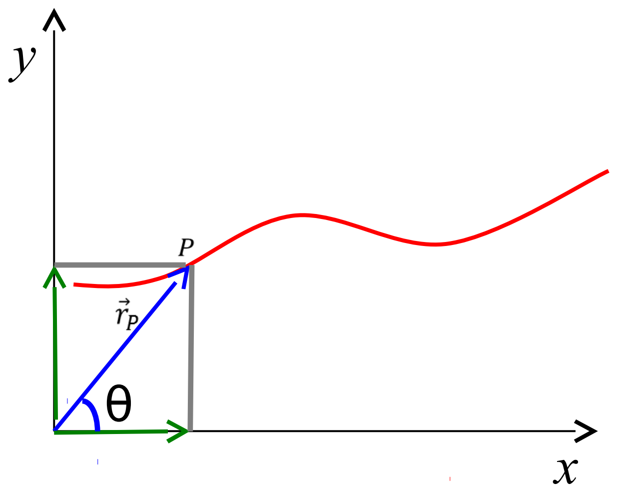
Análise dimensional não é tudo!



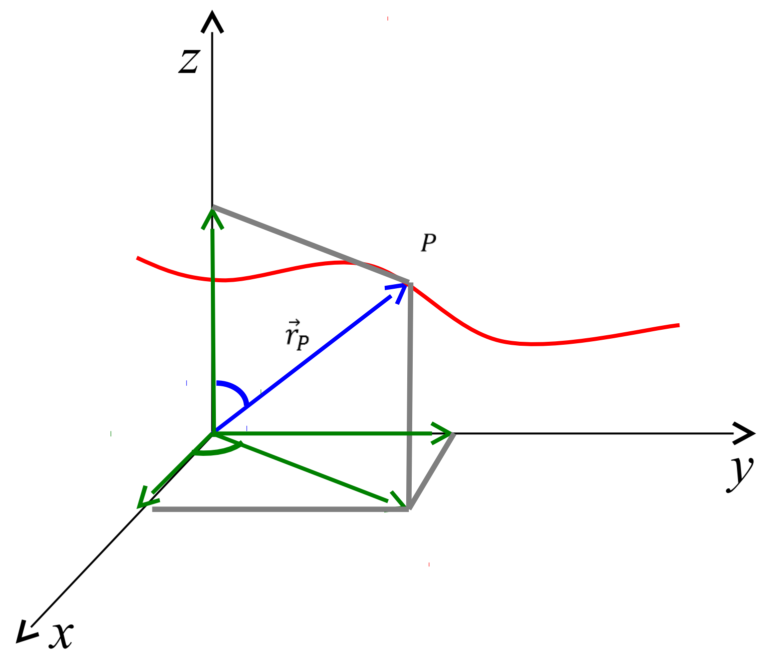
VETORES

Posição

No plano (2D)



No espaço (3D)



Para determinar completamente a posição de uma partícula, precisamos de mais do que um número; precisamos também da direção → a posição é um vetor!

Escalar vs. Vetor

Uma grandeza física é um escalar quando pode ser caracterizada apenas por um número, sem necessidade de associar-lhe alguma orientação.

Exemplos:

- Massa de uma bola: 0,25 kg
- Tempo para a massa mover-se de uma certa distância
- Temperatura (lida no termômetro)
- Energia de um corpo
- Carga elétrica

Algumas grandezas escalares são sempre positivas (ex: massa). Outras podem ter os dois sinais (ex: carga elétrica).

Escalar vs. Vetor

•Algumas grandezas NÃO podem ser descritas por escalares.

•Para a velocidade importa não só o seu valor, por exemplo *2 m/s*, mas também a direção do movimento.

•Definição:

– Quantidades descritas por uma magnitude (sempre positiva) e uma direção e sentido são chamadas VETORES.

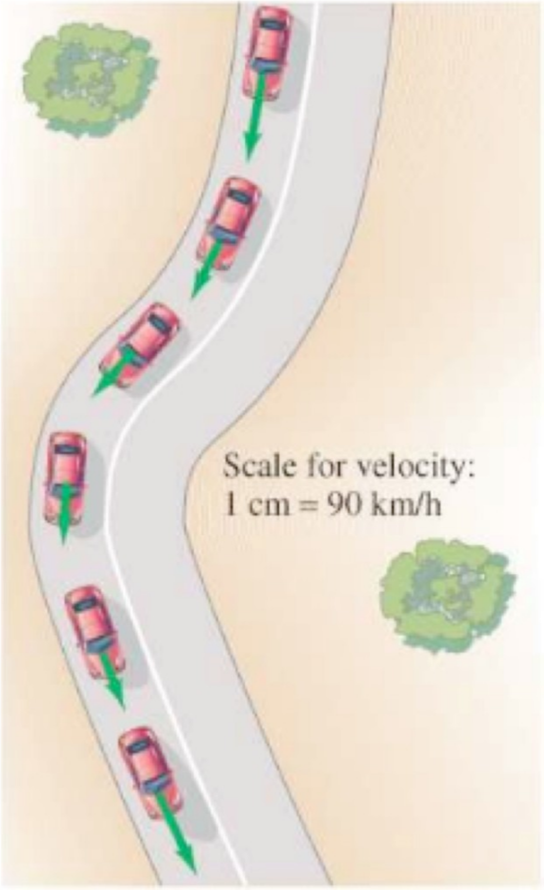
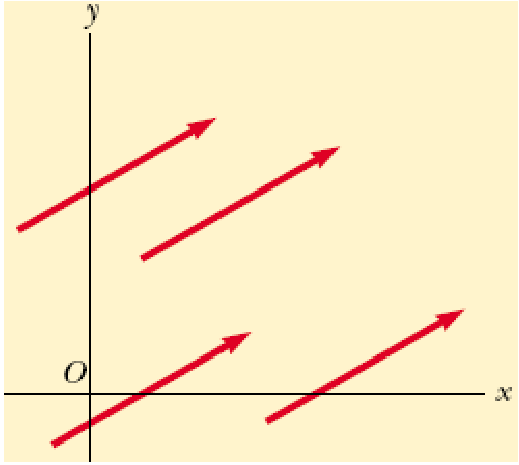


FIGURE 3–1 Car traveling on a road. The green arrows represent the velocity vector at each position.

Questão 1

“Todos os vetores do conjunto mostrado na figura são iguais”. Esta afirmação é:



a) verdadeira

b) falsa

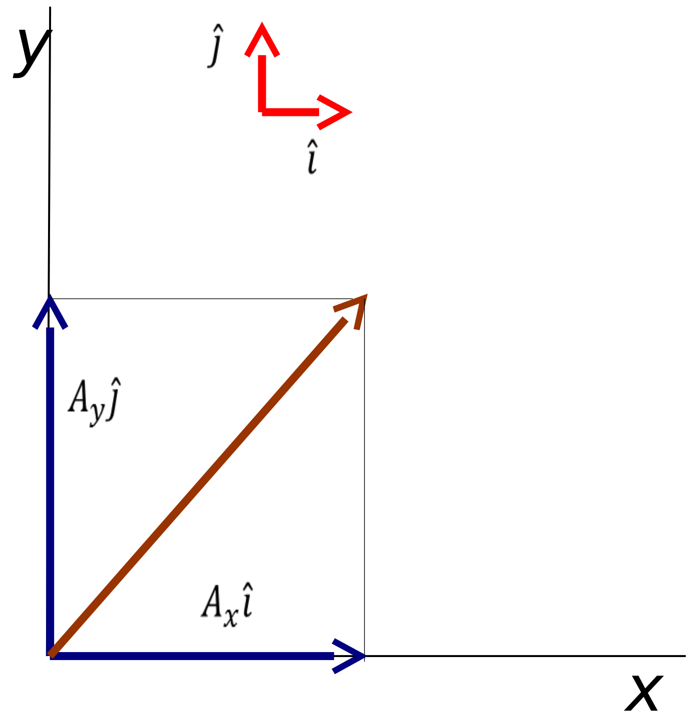
Representação de um vetor 2D

Coordenadas cartesianas

Um vetor $\vec{A}$ pode ser decomposto em uma soma da forma:

$$\vec{A} = A_x\hat{i} + A_y\hat{j}$$

onde A_x e A_y são definidos como as componentes escalares do vetor $\vec{A}$.
$\hat{i}$ e $\hat{j}$ são os versores (vetores unitários – isto é, com módulo 1) das direções x e y, respectivamente).



(Nota, em materiais eletrônicos é comum representar um vetor por um negrito:

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{A_x} + \boldsymbol{A_y}$$

$\boldsymbol{A_x}$ e $\boldsymbol{A_y}$ são as componentes vetoriais de $\boldsymbol{A}$.)

Representação de um vetor 2D

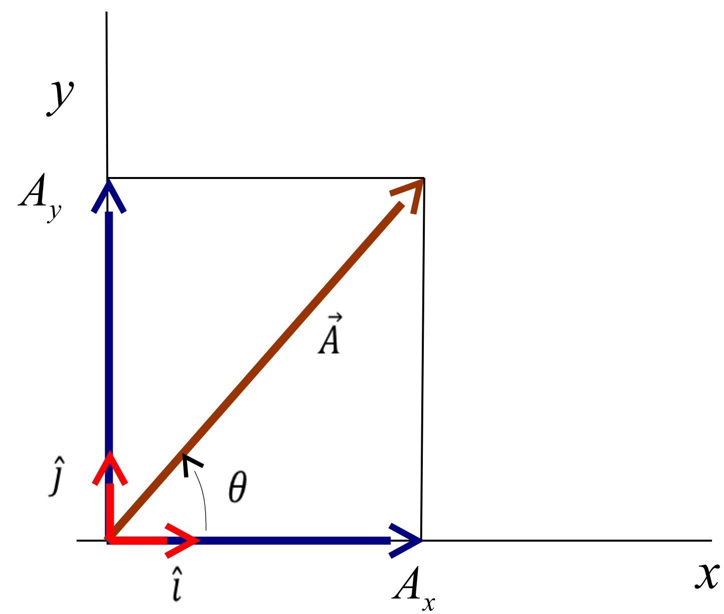
Coordenadas polares

Podemos ainda definir um outro conjunto de coordenadas para descrever um vetor no plano: as chamadas coordenadas polares, dadas pelo módulo do vetor θ :

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

e pelo seu ângulo polar

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right)$$



Relações entre coordenadas:

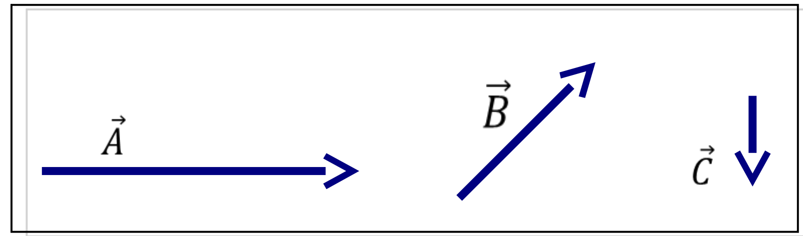
$$\begin{cases} A_x = A\cos\theta \\ A_y = A\sin\theta \end{cases}$$

Operações com Vetores

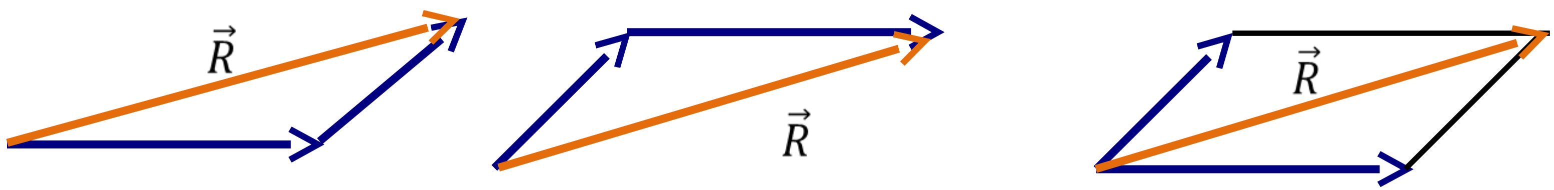
IFGW Instituto de Física Gleb Wataghin

A soma de dois vetores é um vetor:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

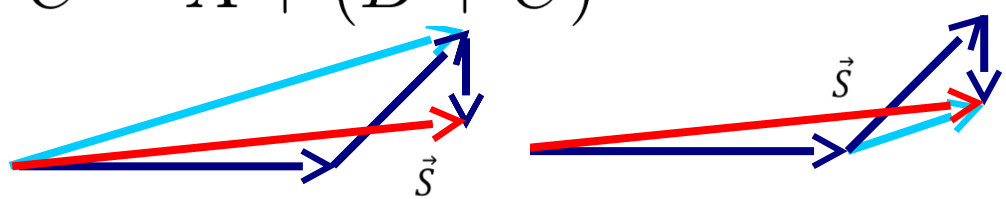


Note que $\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$ (ou seja, a soma é comutativa)



Soma de mais de dois vetores: $\vec{S} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$

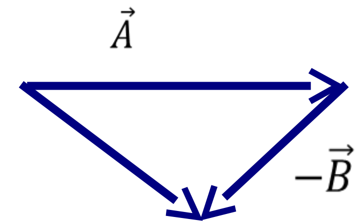
Note que: $\vec{S} = (\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C} = \vec{A} + (\vec{B} + \vec{C})$



Operações com Vetores

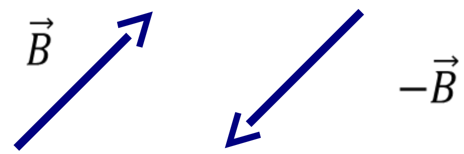
Subtração de Vetores

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

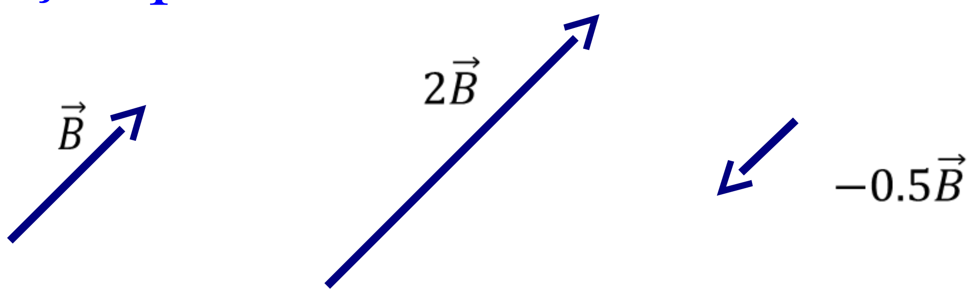


O vetor nulo ($\vec{0}$) tem módulo zero e não tem direção e sentido definidos.

$$\vec{B} - \vec{B} = \vec{0}$$



Multiplicação por um escalar



Operações com Vetores

Soma de Vetores usando Componentes Cartesianas

Se $\begin{cases} \vec{A} = A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath} \\ \vec{B} = B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath}, \end{cases}$

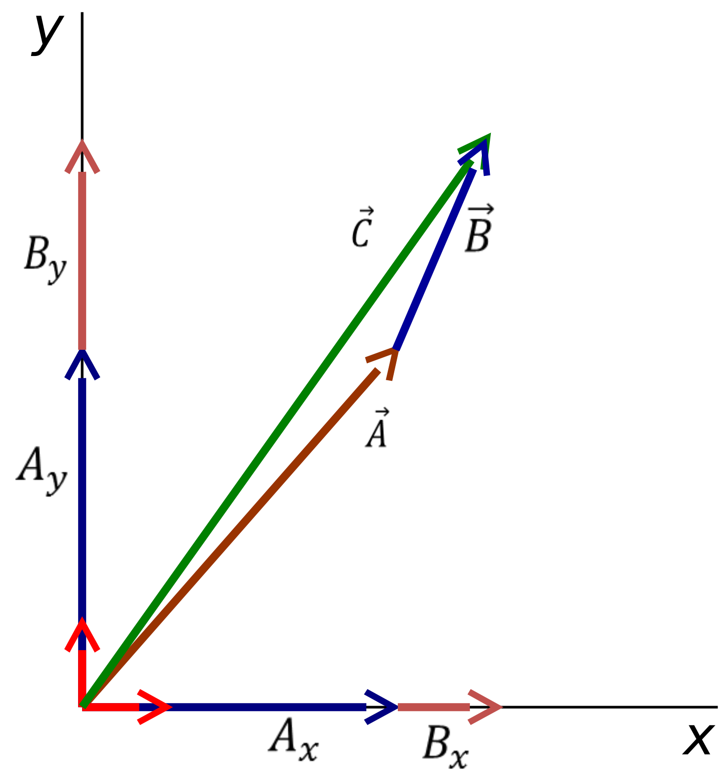
o vetor $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ será dado em componentes cartesianas por:

$$\vec{C} = (A_x\hat{i} + A_y\hat{j}) + (B_x\hat{i} + B_y\hat{j})$$

$$= (A_x + B_x)\hat{i} + (A_y + B_y)\hat{j}$$

$$= C_x\hat{i} + C_y\hat{j}$$

onde: $\begin{cases} C_x = A_x + B_x \\ C_y = A_y + B_y \end{cases}$



Exemplo de vetor: deslocamento num mapa

Vetores dependentes do tempo

Na natureza há inúmeros exemplos de grandezas vetoriais que variam no tempo!

No momento estaremos interessados nos seguintes exemplos;

- *Posição e deslocamento de um corpo em movimento bi ou tri-dimensional.*

- *Velocidade e aceleração deste corpo.*