

Notas de AulaProf: Jorge NoronhaFísica I (Poli) (Bibliografia: A.P. French, ..M. Nussenzveig, ...
veja STOA

- ⊗ Não esqueçam de se cadastrar no STOA.
- ⊗ Lista de exercícios e todas as informações da disciplina estão lá.

Espaço e Tempo

Isaac Newton, em seu Principia (1686) escreveu:


"Eu não defino espaço, tempo, local e movimento pois eles são bem conhecidos por todos".

Para Newton (e para nosso curso aqui), espaço é absoluto no sentido de que ele existe permanentemente e independentemente da existência de matéria nele se movendo dentro dele.

Você pode imaginar por exemplo o espaço como uma "matriz" 3-dimensional na qual podemos colocar coisas dentro ou coisas podem se mover dentro dele (lembra daquela Cena do Neo na Sala branca do filme Matrix?)

Cada objeto no universo ocupa um dado ponto no espaço num dado instante de tempo. Entretanto, para Newton o espaço e o passar do tempo não eram afetados (e seu estado de movimento) pela quantidade de matéria presente (hoje sabemos que isso é uma aproximação - a teoria mais precisa é a teoria da Relatividade Geral de Einstein).

Nesse espaço, Newton assumiu (tal como nós fazemos no dia a dia) que a menor distância entre 2 pontos é dada por uma reta, ou seja, o espaço possui as propriedades

da geometria definida (e construída) por Euclides. Dizemos que o espaço é Euclidiano e nele as propriedades usuais valem (ex:  $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$).

Espaço é muito mais fácil definir do que a idéia de tempo. Agora, seja lá o que tempo for, fica claro que precisamos de mais números ⁽³⁾ para descrever um ponto no espaço do que para dizer qual o instante ^(1 número) de tempo em que isso se encontra.

É muito mais intuitivo falar da passagem de tempo do que tempo em si. Em geral, pode-se dizer que tempo seria um parâmetro que te daria idéia de como coisas mudam _{suas posições no espaço.}

Ex: Se você ficar esperando o metrô chegar vazio na estação se você pode ficar parado no mesmo _(algo muda) lugar mas algo ocorre com você - você vai ver

- Outra propriedade assumida ^{aqui} para o espaço e tempo é que tudo ocorre continuamente (não existe um grão, algo como um átomo de espaço ou de tempo). Hoje sabemos que átomos existem mas, de fato, se você comparar a escala típica que lhe interessa em mecânica (\sim metro), para todos os efeitos átomos são irrelevantes (+ sobre isso depois).

- Fenômenos periódicos (como os dias da semana e etc) são usados para contar a passagem de tempo. Você pode observar o quanto os ponteiros de um relógio andam enquanto você assiste essa aula 😊. Nesse caso, quanto marcava no relógio quando eu comecei a aula não importa - o que realmente importa é a diferença daquele número para o presente marcado agora (um número muito maior do que você gostaria, provavelmente 😊).

- O ponto é que como as diferentes regiões do espaço (ou do tempo) são equivalentes não podendo então ser distinguidas, faz mais sentido falar de grandezas de forma relativa.

Assim, na descrição de movimento de um corpo em geral nos preocupamos em dizer o

que esse objeto está fazendo com relação aos outros objetos.

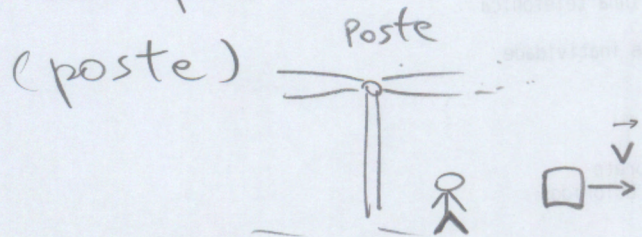
Sistemas de Referência

Quando você ouve a frase "O carro está se movendo" você provavelmente entende que o que está acontecendo é que a posição do carro está mudando com relação à superfície da Terra.

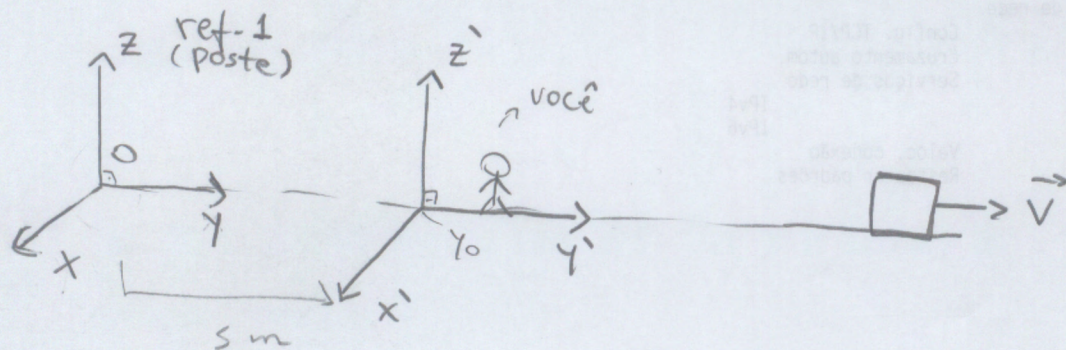
Nós aceitamos intuitivamente a ideia de que os objetos na superfície da Terra (em repouso com relação a um ao outro) definem um sistema de referência que podemos utilizar para medir as mudanças nas posições de outros objetos.

Claramente, a escolha de um dado sistema de referência é uma questão de conveniência e praticidade - em geral escolhe-se aquele sistema de referência no qual a descrição do movimento é a mais simples.

Por exemplo: Carro se movendo com velocidade constante numa direção e sentido qualquer com relação a um referencial (poste)



Agora, se você estiver em repouso com relação ao poste o que você vê? O carro indo na mesma direção e sentido que o poste teria.



Vamos esquecer as coordenadas x' e z' .

O poste "vê" o carro com posição $y(t)$ e você vê $y'(t)$ (mesmo t para todos!)

Claramente $y(t) = y'(t) + y_0$ e

Como $y(t)$ muda no tempo, $y'(t)$ muda (embora y_0 não)

Note que nada o impede de observar o carro de um outro referencial. De foto, suponha que você esteja no carro. Quanto seria $y'(t)$? Zero, claro. Entretanto, o "Poste" ainda diria $y(t)$.

Galileu considerou o seguinte experimento mental (Gedankenexperiment): Imagine que você esteja em um barco que se move com velocidade constante com relação ao cais. Imagine que lhe colocam em um quarto fechado sem janela. É impossível para você saber ^(fazendo qualquer experimento) se você está em repouso com relação ao cais ou em movimento retilíneo uniforme. (filme "top secret")

Claro, isso vale para tudo, não somente pessoas e barcos.

O gênio de Galileu foi em reconhecer isso e elevar isso a um princípio da natureza:

Princípio da Relatividade de Galileu:

"As leis da natureza são as mesmas em todos os referenciais inerciais".

Def: Referencial Inercial (IPC): É aquele no qual um corpo, quando não sujeito a forças externas, permanece em seu estado de movimento (repouso ou MRU).

Veremos depois como isso é descrito matematicamente via uma simetria da equação que descrevem a 2ª lei de Newton.

- No nosso exemplo anterior, tanto Você, o poste, e o carro se movendo com velocidade constante são referenciais inerciais.

(Trecho do filme Top Secret)

- Como eu falei antes, em princípio nada lhe impede de observar um dado fenômeno em um referencial não-inercial. Entretanto,

nesso caso o movimento que você quer descrever vai ser regido por equações diferentes (mais sobre isso depois).

- O fundamental aqui na mecânica ^(até agora) Newtoniana:

* Espaço é absoluto e Euclidiano.

* tempo é universal para todos os referenciais.

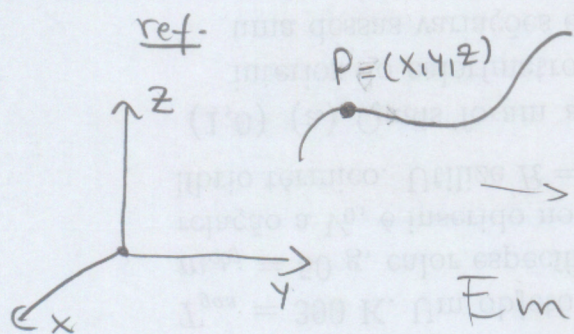
* O estado de movimento de um corpo depende do ref. (parado com relação a quem?).

* Conceito de ref. inercial.

Tudo isso até agora é muito "bonito" mas
(das outras "ciências")
o que de fato distingue a física é que
nós descrevemos matematicamente os fenôme-
nos da natureza. Assim, vamos começar a
"matematizar" essa aula.

Sistema de Coordenadas

Uma vez que você escolheu seu sistema
de referência (ou referencial), agora você
gostaria de descrever matematicamente
o movimento de corpos nesse referencial.



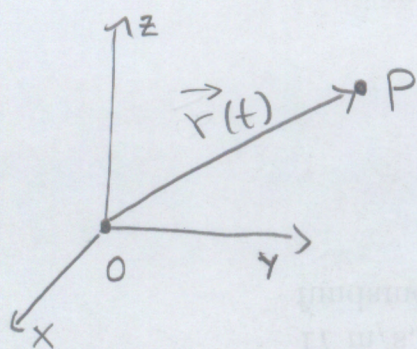
→ trajetória de uma partícula.

Em cada instante de tempo
 t , precisamos especificar

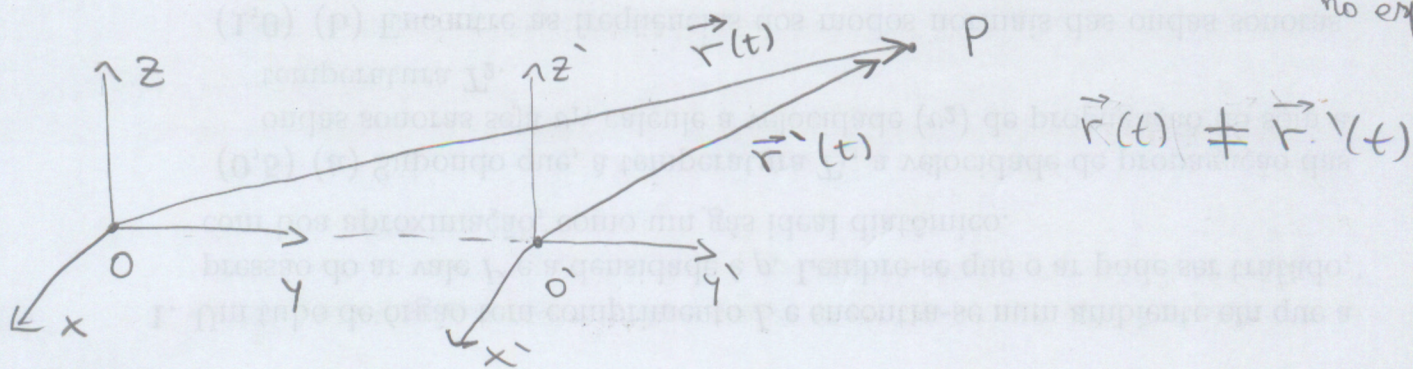
3 números (x, y, z)

A trajetória da partícula (ou corpo) é essa "linha contínua" que você poderia traçar no espaço se soubesse o $x(t)$, $y(t)$ e $z(t)$ da partícula para todo t .

Vetor posição: $\vec{r}(t)$ é o vetor que leva da sua origem no sistema de referência ("O") até o ponto P. Como o ponto $P = (x(t), y(t), z(t))$ veja que $\vec{r} = \vec{r}(t)$.



Claramente, referenciais distintos medem vetores posição distintos para o mesmo ponto P no espaço.



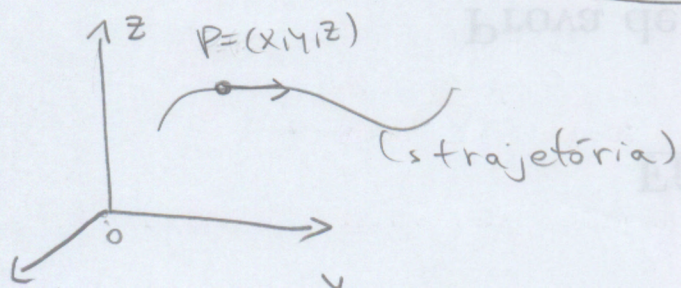
⊗ Vamos agora revisar o conceito de vetores.

Revisão sobre vetores

Para os propósitos desse curso, vetores são considerados como entidades matemáticas que são úteis para descrever quantidades físicas que possuem magnitude, direção, e sentido.

Vamos revisar as operações de adição de vetores, subtração e multiplicação por um número. Vamos falar também de produto escalar.

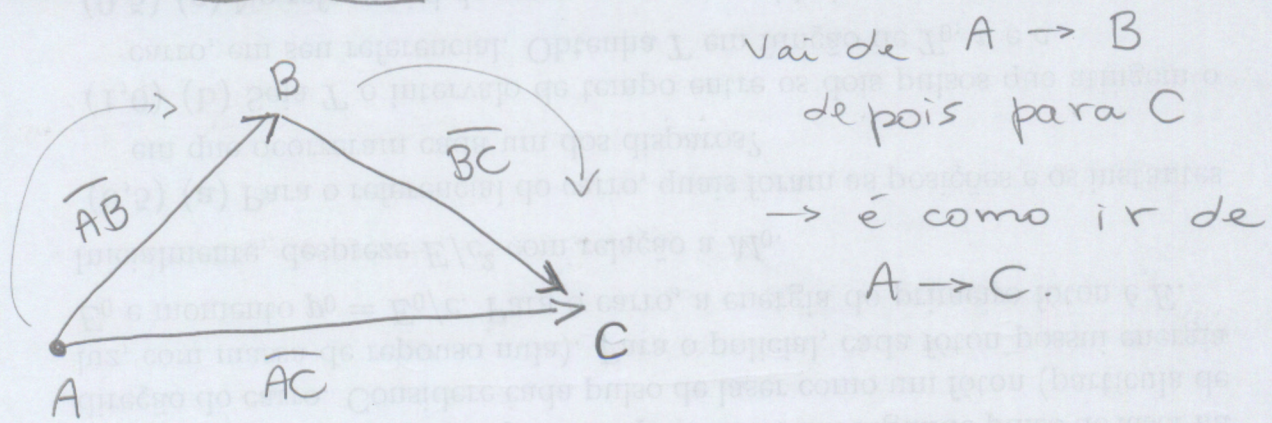
Como fazíamos antes, queremos descrever a trajetória de uma partícula. Vimos que em geral escolhe-se um sistema de coordenadas (sistema Cartesiano x, y, z)



- Agora, claramente, deve ser possível descrever o movimento de uma forma "mais geral", sem necessariamente "amarrar" a sua descrição a um sistema de coordenadas específico (lembra que você era livre para escolher o referencial?)

- De fato, veremos no futuro próximo que as "leis da natureza" ^(ter a mesma forma) devem ser invariantes com relação a escolha do referencial inercial.

Vetor deslocamento



Isso está relacionado à adição de vetores, que veremos a seguir.

Podemos definir um vetor aqui como:

→ Qualquer quantidade que tem magnitude direção e sentido e se comporta, além sentido - do matemático abstrato, como o vetor deslocamento.

Ex: - Vetor posição

- Velocidade

- Aceleração

- força

Por outro lado, um escalar → qualquer quantidade que possui magnitude mas

não direção. Ex: - tempo

- massa

(Basicamente, aqui o escalar será um número real) - comprimento

- energia


Agora, claramente se $\vec{A} = \vec{B}$, implica

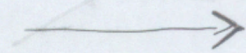
em:

i) $|\vec{A}| = |\vec{B}|$, ii) Mesma direção e sentido

iii) Não importa o sistema de coordenadas!

Adição de vetores

Sejam \vec{A}  vetores em \mathbb{R}^3

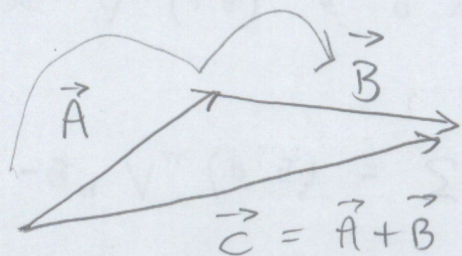
\vec{B} 

$|\vec{A}| \rightarrow$ magnitude de \vec{A}

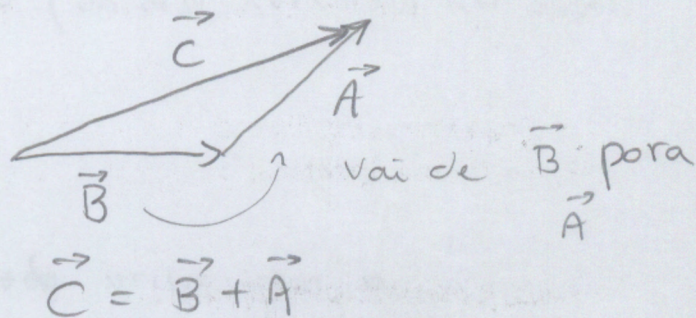
$|\vec{B}| \rightarrow$ magnitude de \vec{B}

A soma de \vec{A} e \vec{B} define $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$

Vai de A \rightarrow B

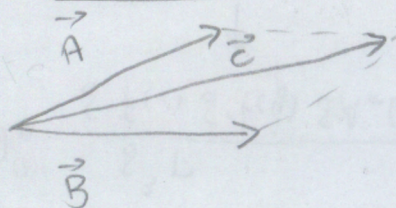


=



\rightarrow Soma de vetores comuta, ou seja, $\vec{B} + \vec{A} = \vec{A} + \vec{B}$
(ordem não importa)

Paralelogramo.



3 ou mais vetores:

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

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

(propriedade associativa)

