

Paulo C. Santos¹

REFERENCIAIS

Instituto Imbuhy

Teresópolis

Abril / 2023

¹Diretor do Instituto Imbuhy – e-mail: paulo@imbuhy.com

REFERENCIAIS

A ideia de referencial possibilitou as viagens espaciais. Permitiu também que a teoria da relatividade de Einstein desse à luz a comunicação moderna por satélites e a orientação por GPS. Sem o conceito de referencial, baseado nos trabalhos de Galileu e Newton, ainda estaríamos presos ao planeta Terra.

[P.C.]

REFERENCIAIS

INTRODUÇÃO

Então, prezado leitor, você está parado ou está se movendo ? Provavelmente você responderá: - Estou parado, pois estou lendo este texto. A menos que você esteja no metrô, no trem da Central, no ônibus, na van ou em qualquer meio de transporte - temporariamente imune a engarrafamentos. Se você estiver sentado num banquinho em sua casa, certamente achará que está parado ... mas não está !

O planeta onde você vive roda em torno de seu eixo a uma velocidade média de 1.674,40 km/h². Mas a Terra também gira em torno do Sol com uma velocidade média de 29,78 km/s, ou 107.208 km/h. Já o sistema solar gira em torno do centro da Via Láctea com uma velocidade média de 828.000 km/h³. Podemos dizer que, se Deus puxar o freio de repente, estaremos bem enrolados com as consequências da freada !

Quando alguém pergunta ao físico sobre movimento ou mesmo imobilidade, ele imediatamente replica: - Em relação a qual referencial ? Essa questão é de tal importância que a relatividade, o sistema de GPS, o tráfego de aviões, a construção de plataformas espaciais e plataformas de petróleo são afetadas por ela.

PREPARANDO AS IDEIAS BÁSICAS

Se você ficar em pé em casa, pegar uma caneta e soltá-la, ela vai cair perto de seus pés, correto ? Mas se você pegar um ônibus em direção a Teresópolis e esperar que ele suba a serra para beber água, terá uma surpresa desagradável. A água pode não cair em sua boca. Do mesmo modo, um cavalheiro no banheiro do ônibus pode ter uma surpresa ainda mais desagradável: ele não acertará o sanitário, como estava pensando. A água, nos dois casos, parece ter vida própria. É porque ela está submetida a uma aceleração (variável, ainda por cima, por causa das curvas !).

Mas voltemos a um ambiente mais tranquilo. Vamos fingir que você está num trem-bala no Japão – é o sistema Shinkansen. Este trem pode alcançar a velocidade de 220

²Veja depois o comentário I, neste documento.

³Informações prestadas pelo ChatGPT, na data de 21/04/2023.

REFERENCIAIS

Km/h⁴. Se você pedir uma jarra de mate gelado e tentar derramar seu conteúdo num copo durante a viagem, verá que a bebida cai normalmente no copo, sem modificar sua trajetória. Ela cai de cima para baixo, normalmente, com se você estivesse em sua casa. Isso ocorre porque, apesar da velocidade estonteante, ela é constante. Portanto, a aceleração resultante sobre o trem é zero. O mesmo aconteceria num avião de passageiros voando em linha reta a 600 Km/h.

A primeira lei de Newton – **inércia** - diz que se um objeto estiver em velocidade constante em linha reta - portanto sem forças atuando sobre ele – seu movimento continuará para sempre, sem alterações. Se você pegar uma chave de fenda da ISS – a estação espacial internacional – e atirá-la em direção ao espaço profundo, a chave continuará seu movimento indefinidamente, com velocidade constante ! Dali a 20-30 anos, a chave ainda estará se deslocando no espaço com a mesma velocidade, sem parar ! Isso porque não há muito atrito no espaço – na verdade há, mas é desprezível – e portanto nenhuma força atua sobre a chave – o que também não é exatamente verdade, por causa da gravitação.

Em alguns exemplos que dei - sua casa, o Shinkansen, e o avião – são chamados de **sistemas de referência inerciais**. Neles, as coisas se comportam como se estivéssemos realmente em casa. Não há forças atuando para mudar trajetórias, não há sensação de enjôo no estômago, não há tonteira ou tombos inesperados. **Os sistemas de referências inerciais caem nos vestibulares !**

Quando um sistema de referência é acelerado, ele é objeto de estudo da relatividade geral do Dr. Einstein. Mas sistemas referenciais acelerados não caem no vestibular, felizmente, porque a matemática necessária é um pouco mais complexa. Mesmo quando há aceleração envolvida em nossos exercícios e cálculos, sempre estaremos falando de sistemas inerciais.

⁴Veja [<https://pt.wikipedia.org/wiki/Shinkansen>]

REFERENCIAIS

SISTEMAS DE REFERÊNCIA INERCIAIS (SRI)

Definições:

- Então, de modo geral, um SRI é aquele que funciona como se estivéssemos em casa. Acho que é a definição mais simples que posso propor.
- Outra definição seria: é aquele no qual as forças resultantes que nele atual somam zero, ou seja, não há forças resultantes atuando sobre o sistema.

Num SRI, as fórmulas comuns da mecânica funcionam. São aquelas fórmulas que você leitor, vai encontrar em [nosso formulário](#) atualmente. Os SRIs estão parados ou se movem com velocidade constante (note que as velocidades não precisam ser iguais para todos).

A grande jogada para o estudante é que **os SRIs que se movem com a mesma velocidade, sentido e direção são equivalentes**. Eles se comportam como se estivessem parados em relação uns aos outros. Dê uma olhada no [exercício dos caças](#), nos comentários da [aula 4](#). Ele usa esse conceito para simplificar imensamente o problema.

REFERENCIAIS

COMENTÁRIO I

No texto principal, sobre sistemas de referência, eu falei que:

“O planeta onde você vive roda em torno de seu eixo a uma velocidade média de 1.674,40 km/h.”

De onde vem essa informação ?

Bem, tudo começou com um grego muito esperto chamado Eratóstenes. Ele viveu em Alexandria, e [morreu em 194 a.C.](#) . Aparentemente, Eratóstenes foi o estudioso que conseguiu medir pela primeira vez o tamanho do planeta Terra, usando a geometria, a observação e a criatividade. Mais adiante eu vou explicar como ele conseguiu isso, mas por enquanto o que interessa foi o [número que ele obteve](#): 39.250 quilômetros ! Nada mau se comparado com o valor atualmente aceito de 40.075 Km. Devemos lembrar ainda que a terra não é uma esfera perfeita !

Mas vamos supor, para facilitar, que o perímetro da Terra seja 40.000 Km (esse seria o tamanho da linha do Equador). Sabemos que em 24 h a Terra dá uma volta completa, alternando o dia e a noite em todo lugar. Então, percorremos 40.000 Km em 24 h. Basta fazer uma tabela para descobrir a velocidade de rotação da Terra:

Cálculo de velocidade de rotação da Terra	
Km	h
40000	24
20000	12
10000	6
5000	3
1666,66	1

REFERENCIAIS

Assim, com a simplificação que fizemos, concluímos que a Terra roda em torno de seu eixo, com uma velocidade aproximada de 1.660 Km/h. Este valor está próximo no número atualmente aceito pela ciência: 1.674,40 km/h !