

Relatividade de Galileu, Referenciais e Leis de Newton

Michael Fowler

Universidade de Virgínia, Departamento de Física

A pedra angular da Teoria da Relatividade Restrita é o Princípio da Relatividade:

As Leis da Física são as mesmas para qualquer referencial inercial.

Muitas consequências surpreendentes se devem a esta simples afirmação. Contudo, e em primeiro lugar, é necessário conhecer a mecânica de Newton no que toca a referenciais, antes de partir para o estudo da Teoria da Relatividade Restrita.

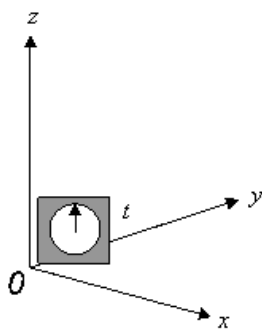


Imagem 1 - O referencial

Um referencial é apenas um conjunto de coordenadas: algo que se utiliza para efetuar medições nos problemas newtonianos, tais como distâncias ou velocidades, sendo para esta última necessário também um cronómetro.

Um ponto no espaço é especificado por três coordenadas (x, y, z) e um acontecimento como, por exemplo, uma pequena explosão, é especificado pelas três coordenadas anteriores e pelo instante de tempo em que ocorre, (x, y, z, t).

Um referencial inercial é definido como o referencial que *obedece* à Lei da Inércia de Newton – isto é, qualquer corpo cujo somatório das forças exteriores que nele atuam é nulo, permanecerá em repouso se inicialmente estiver em repouso, ou então continuará a mover-se a velocidade constante igual à velocidade inicial. Um exemplo de um referencial não-inercial é o de um referencial com movimento de rotação, como por exemplo um carrossel.

As “leis da física” que consideraremos em primeiro lugar são as da mecânica newtoniana, designadas de Leis do Movimento de Newton, tais como forças gravitacionais ou forças de contato entre objetos. Por exemplo, ao conhecer a constante de gravitação universal através da experimentação (e as massas envolvidas), é possível, a partir da Segunda Lei de Newton,

$$\text{força} = \text{massa} \times \text{aceleração}$$

prever com grande precisão os movimentos planetários.

Suponha que sabemos, através da experimentação, que estas leis da mecânica são verdadeiras para determinado referencial. Será que continuam a ser válidas para outro referencial que se move em relação ao primeiro? Para descobrir a resposta a esta questão, temos que saber como relacionar a posição, velocidade e aceleração nos dois referenciais.

Como é óbvio, os dois referenciais devem apresentar uma velocidade constante, de outro modo a lei da inércia não será válida para esses referenciais. Vamos escolher as coordenadas de modo a que a velocidade tenha direção ao longo do eixo x em ambos os referenciais.

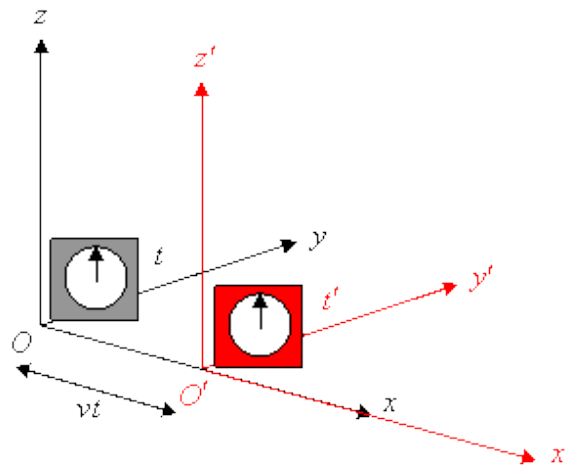


Imagem 2 - Dois referenciais relativamente deslocados ao longo do eixo x

Repare que a cada referencial foi atribuído um cronómetro.

Suponha que o referencial S' se move em relação ao referencial S a velocidade v ao longo do eixo x . Por conveniência, vamos iniciar a contagem do tempo em ambos os cronómetros no momento em que O' passa por O .

Quais são as coordenadas do acontecimento (x, y, z, t) no referencial S' ? É fácil notar que $t' = t$ — já que sincronizamos os cronómetros quando O' passou por O . É também evidente na figura que $y' = y$ e $z' = z$. Podemos também concluir que $x = x' + vt$. Assim (x, y, z, t) em S correspondem a (x', y', z', t') em S' , onde:

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

É deste modo que a posição se transforma: estas são conhecidas como as transformações de Galileu.

E quanto à velocidade? A velocidade em S' ao longo da direção x é:

$$u_x' = \frac{dx'}{dt'} = \frac{dx'}{dt} = \frac{d}{dt}(x - vt) = \frac{dx}{dt} - v = u_x - v.$$

E, como é óbvio:

$$u_x = u_x' + v.$$

Como se transforma a aceleração?

$$\frac{du_x'}{dt'} = \frac{du_x'}{dt} = \frac{d}{dt}(u_x - v) = \frac{du_x}{dt}$$

com v constante. É o mesmo que dizer,

$$a_x' = a$$

a aceleração é igual para ambos os referenciais. A aceleração reflete a variação de velocidade, e o valor da velocidade da mesma partícula, medida nos dois referenciais, difere de um factor constante – a velocidade relativa dos dois referenciais.

Ao analisar agora o movimento devido a forças gravitacionais, por exemplo,

$$m_1 \vec{a} = \frac{Gm_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

obtém-se exatamente a mesma lei ao estudar esse movimento num outro referencial inercial, já que todos os termos da equação anterior permanecem os mesmos.

Repare que $m\vec{a}$ reflete a variação do momento – e é igual em ambos os referenciais. Portanto, numa colisão, se o momento total se conservar num dos referenciais (se a soma dos contributos individuais para a variação do momento for nula) o mesmo é verdadeiro para todos os referenciais inerciais.

© Michael Fowler, Universidade de Virgínia

Casa das Ciências 2013

Tradução/Adaptação de Nuno Machado e Manuel Silva Pinto

