



4302212 – Física IV

Princípio da Relatividade Restrita

Princípio da Relatividade

Em 1905, Einstein enunciou os seguintes postulados

- 1) As Leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
- 2) A velocidade da luz no vácuo é a mesma em todos os referenciais inerciais, independente da velocidade do observador ou da fonte de luz.

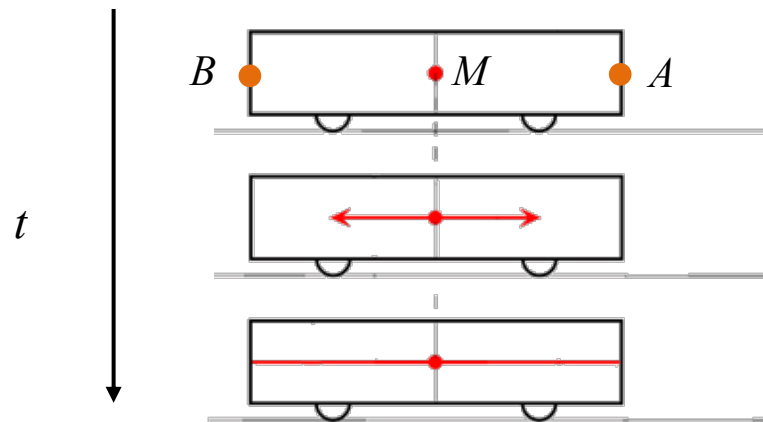
– **Evento:** ocorrência que pode ser descrita por três coordenadas espaciais e uma temporal, isto é, um ponto definido por coordenadas espaço-temporais, (\mathbf{r}, t) .

– Einstein (1905): *Todos os nossos julgamentos com respeito ao **tempo**, são sempre julgamentos de **eventos simultâneos**.*

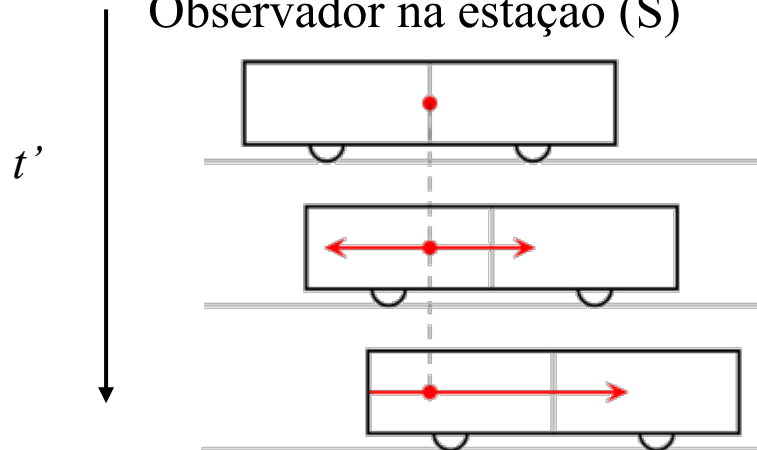
A afirmação *O trem chega aqui às 7:00h* significa *A chegada do trem e a observação de que os ponteiros do relógio marcam 7:00h* são **eventos simultâneos**.

– **Eventos Simultâneos (Einstein):** dois eventos, (\mathbf{r}_1, t_1) e (\mathbf{r}_2, t_2) , que envolvam a emissão de sinais luminosos, serão simultâneos ($t_1 = t_2$) quando os raios de luz se encontram no ponto médio entre \mathbf{r}_1 e \mathbf{r}_2 .

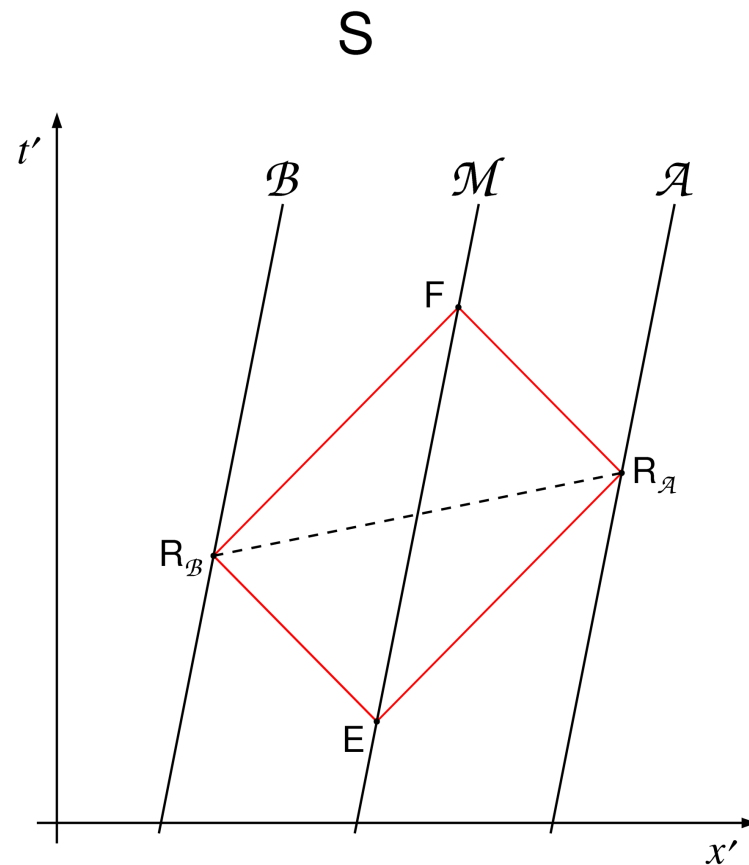
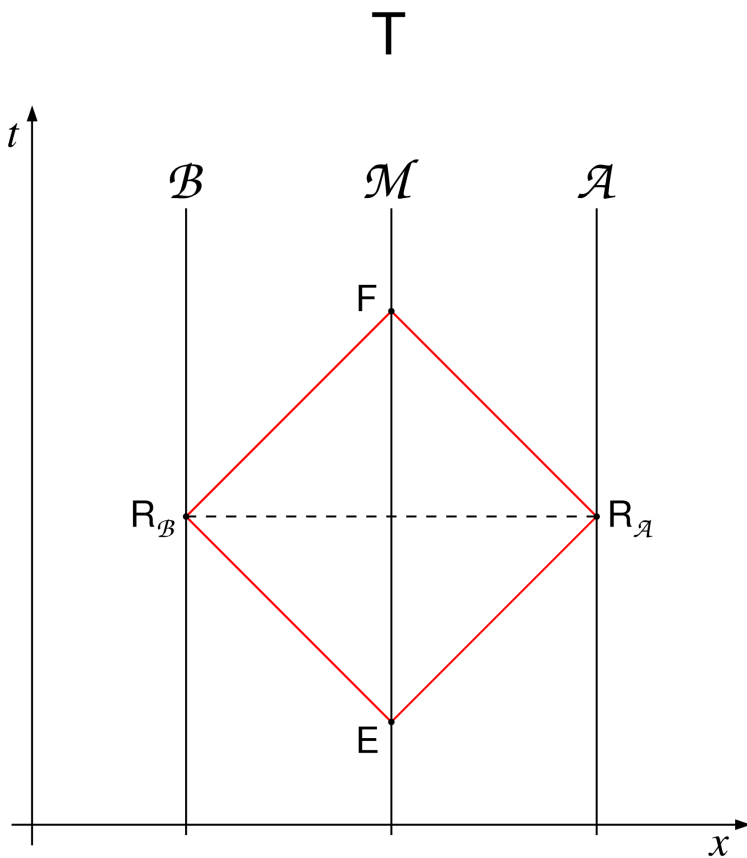
Observador no trem (T)



Observador na estação (S)



Os eventos são simultâneos em T ,
mas não em O .



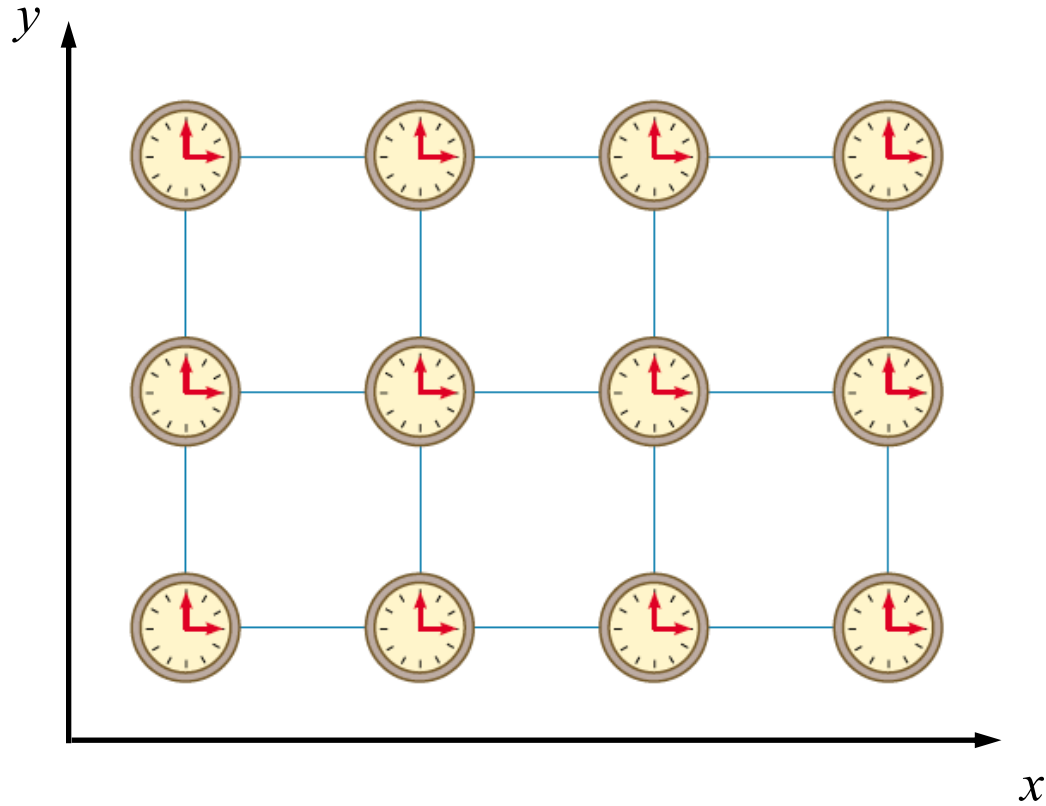
- Linhas vermelhas têm as mesmas inclinações (velocidade da luz).
- Em T, os pontos A , B e M são estacionários. Os eventos R_A e R_B (chegada da luz às extremidades do trem) são simultâneos (linha tracejada horizontal).
- Em S, os pontos A , B e M se movem com a velocidade V do trem. Os eventos R_A e R_B não são simultâneos (linha tracejada inclinada).

Newton (1689): *O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por sua própria natureza, sem relação a nada externo, permanece sempre semelhante e imutável.*

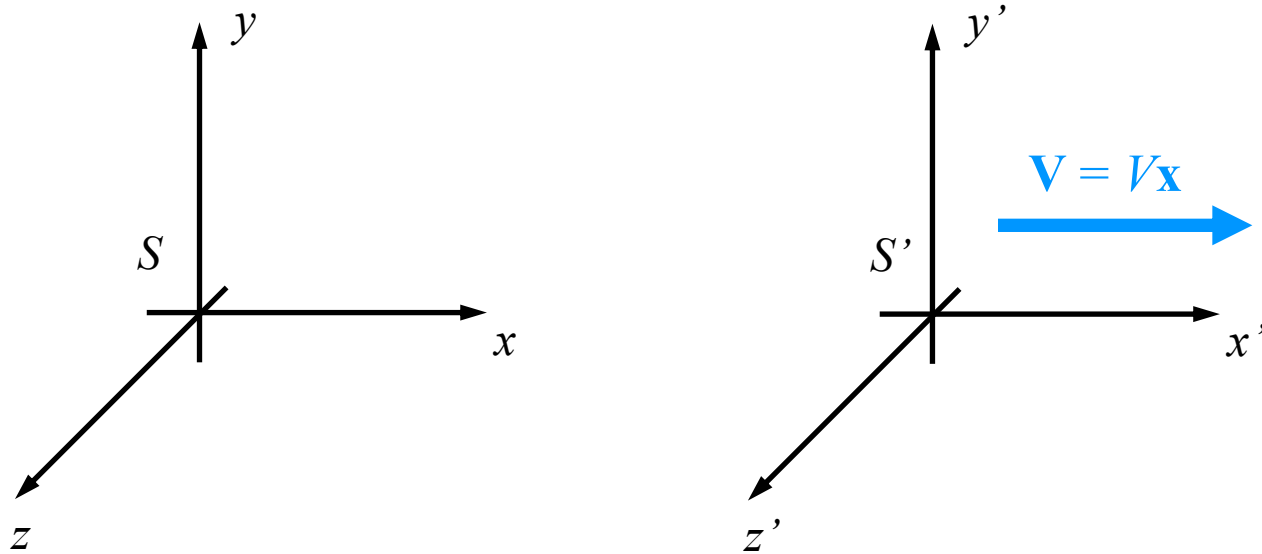
A Mecânica Clássica admite que eventos simultâneos em um dado referencial inercial serão simultâneos em todos os referenciais inerciais (na Transformação de Galileo, $t = t'$).

Einstein (1905): Eventos simultâneos em um referencial inercial **não são simultâneos em geral** (em outros referenciais inerciais). A simultaneidade não é absoluta, pois depende do estado de movimento do observador.

Sistema de Referência (Referencial)



Transformação de Lorentz



A transformação $(\mathbf{r}, t) \rightarrow (\mathbf{r}', t')$ deve satisfazer as condições:

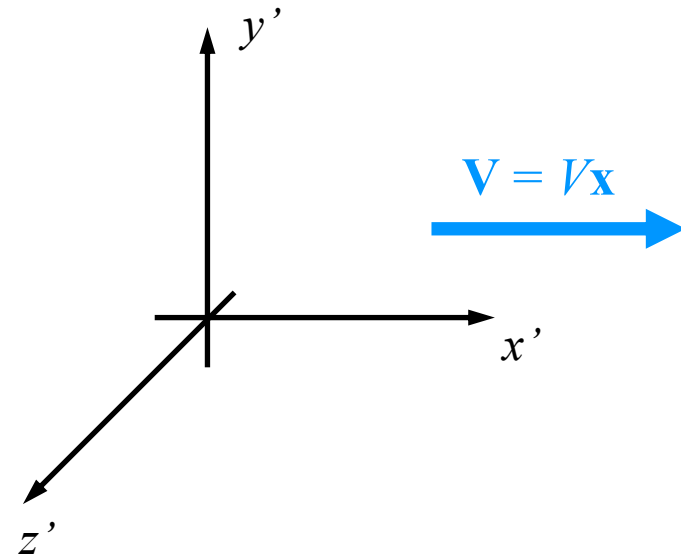
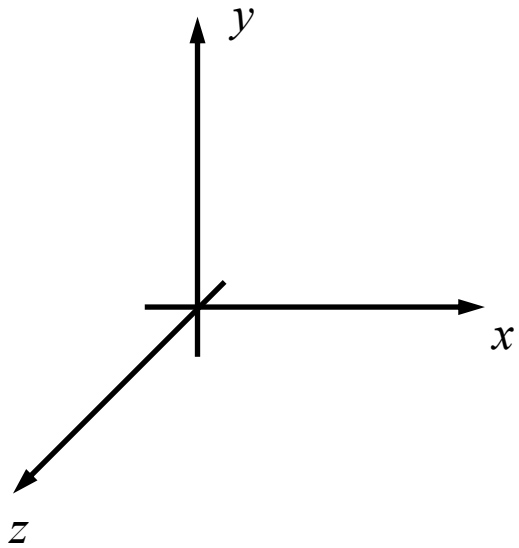
- (i) Quando V tende a zero, a transformação deve corresponder à identidade, $(\mathbf{r}', t') = (\mathbf{r}, t)$.
- (ii) Um movimento retilíneo uniforme em S deve corresponder ao mesmo tipo de movimento em S' .

Admitiremos que os relógios em S e S' sejam sincronizados quando as origens coincidem, de modo que $t = t' = 0$ quando $O = O'$.

(iii) Se um sinal luminoso for emitido de $O = O'$, portanto em $t = t' = 0$, sua velocidade de propagação será a mesma em S e S' . Os raios das frentes de onda esféricas devem satisfazer

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0 \implies x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = 0$$

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = 0 \implies x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0$$



$$x' = \gamma (x - Vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma \left(t - \frac{V}{c^2} x \right)$$