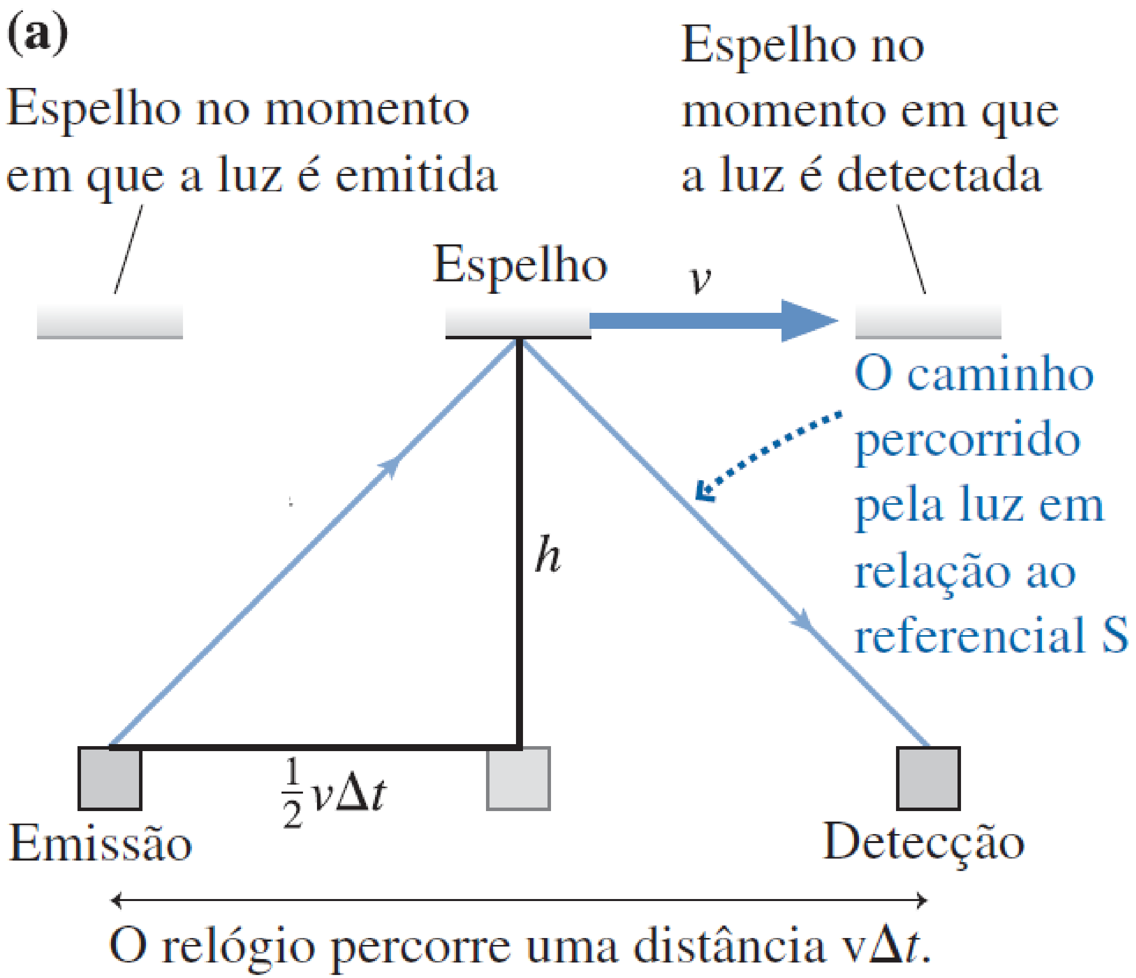
Revisão - Dilatação temporal



Análise Relativística (correta)

u_{luz} = c !!!

$$\Delta t = \frac{2h/c}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \equiv \gamma \Delta t'$$

onde $\beta^2 \equiv v^2/c^2$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

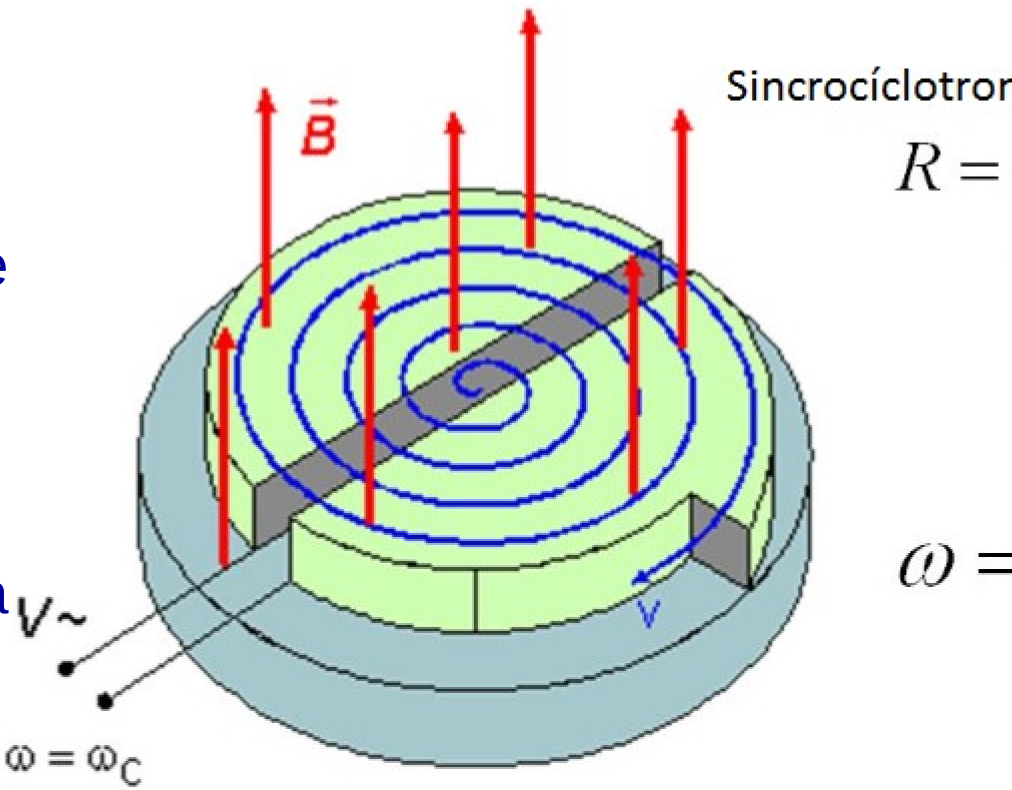
Relatividade Restrita - Experimentos

Postulado 2-

Em 1964 no CERN (Genebra) píons neutros acelerados a velocidade de 0,99975 c em relação ao laboratório emitiam raions gama com velocidade igual a da luz não importando qual a direção que se media.

Contração Espacial

Após a modificação na frequência do oscilador de acordo com as previsões relativísticas, a energia do feixe cresceu por um fator de 20 vezes aprox. A previsão clássica dá conta de um frequencial fixa ω=qB/m



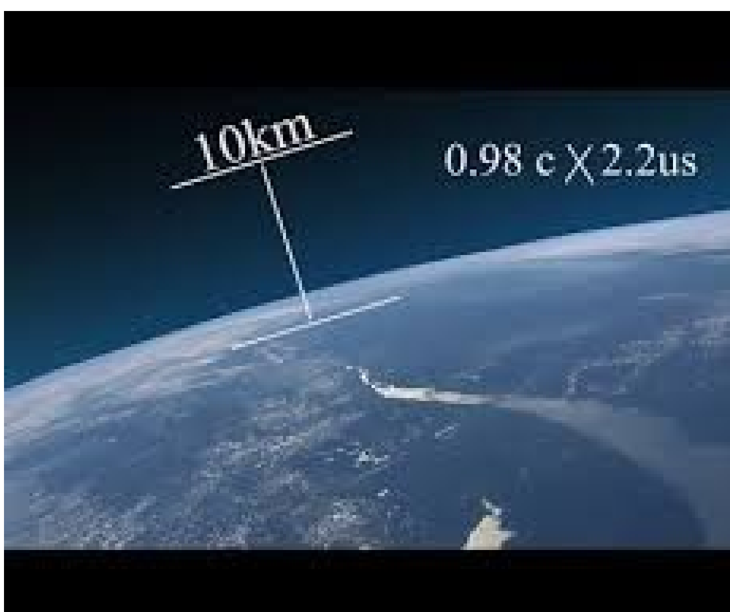
$$R = \frac{mv}{B|q|}$$

$$\omega = \frac{B|q|}{m}$$

Relatividade Restrita - Experimentos

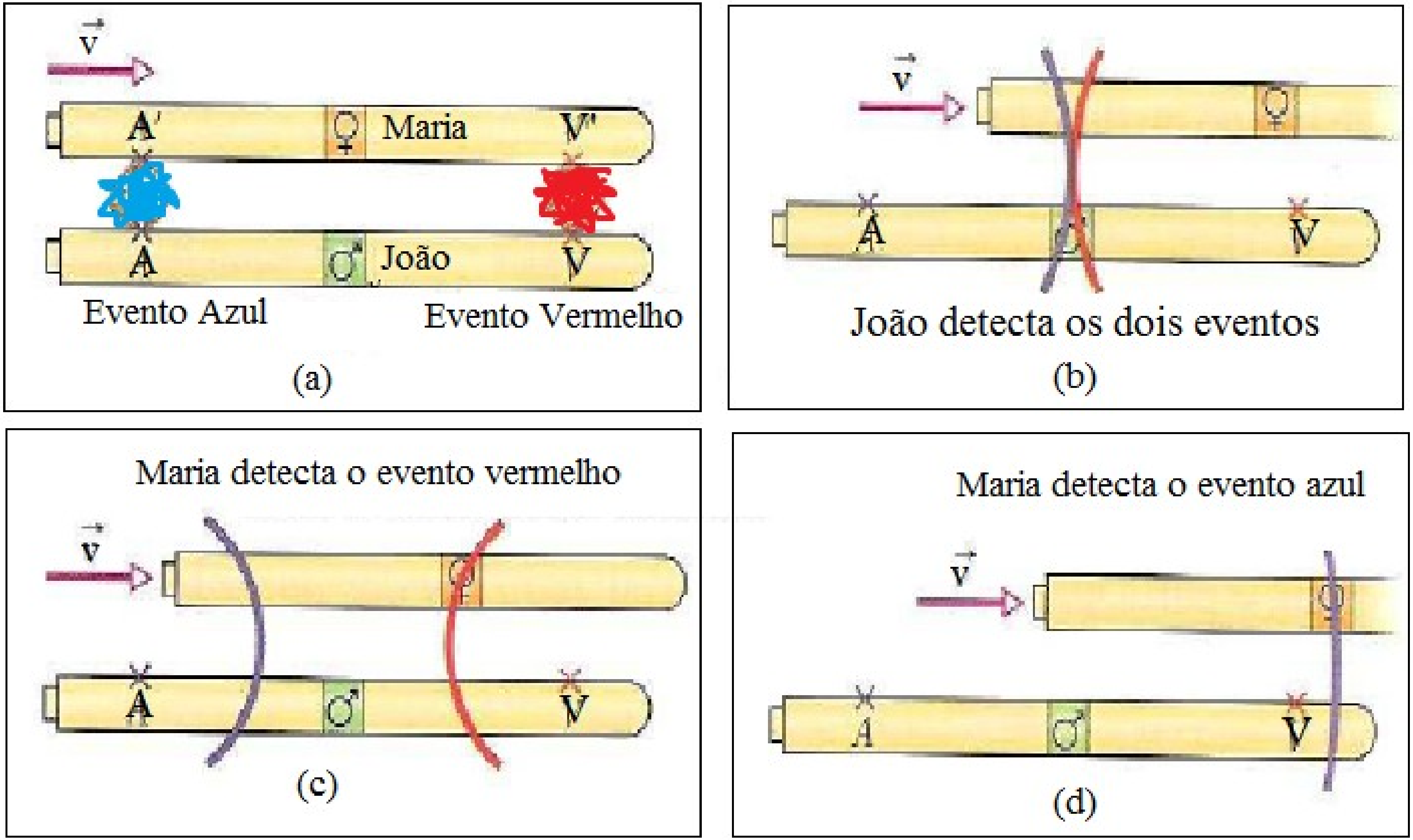
Pico Chacaltaya, onde Lattes montou o laboratório para detectar raios cósmicos

Cesare Mansueto Giulio Lattes, mais conhecido como César Lattes (Curitiba, 11 de julho de 1924 — Campinas, 8 de março de 2005), foi um físico brasileiro, co-descobridor do méson pi, descoberta que levou o Prêmio Nobel de Física de 1950, concedido a Cecil Frank Powell.



Relatividade -Simultaneidade

Suponha que o observador (João) registra dois eventos (Azul e Vermelho) simultaneamente, um segundo observador, Maria, se deslocando com em relação ao primeiro também registrará estes mesmos eventos como simultâneo? Observe os quadros abaixo que servem de ajuda na resposta.



Relatividade – Conceitos importantes e conclusões até o presente

1- A simultaneidade não é portanto um conceito absoluto e sim um conceito relativo, que depende do movimento do observador.

2- Quando dois eventos ocorrem no mesmo ponto de um referencial inercial, o intervalo de tempo entre estes eventos, medido neste referencial é chamado de **intervalo de tempo próprio.** Quando esse intervalo de tempo é medido em outro referencial o resultado é sempre maior que o intervalo de tempo próprio.

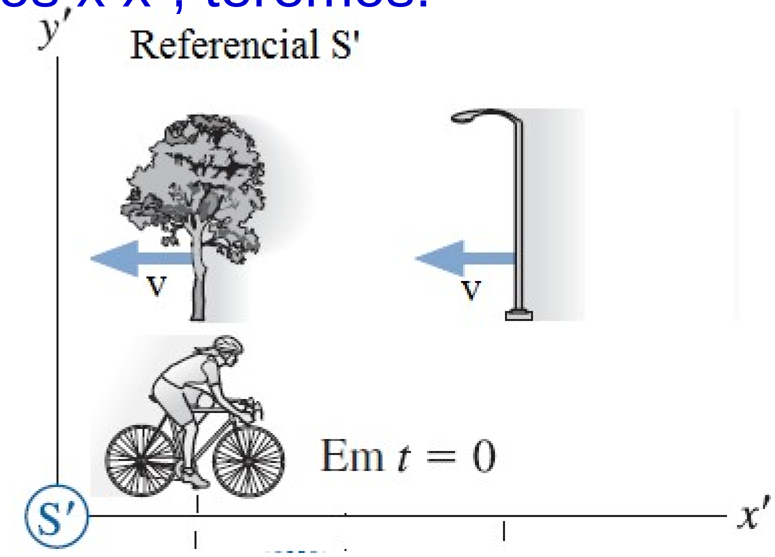
3- O intervalo de tempo se **dilata para quem está em movimento** em relação a posição onde os eventos ocorreram.

4- o espaço se **contrai** para quem mede um comprimento e se movimenta em relação às coordenadas de início e fim que marcam um determinado trajeto ou objeto.

Transformações de Galileu

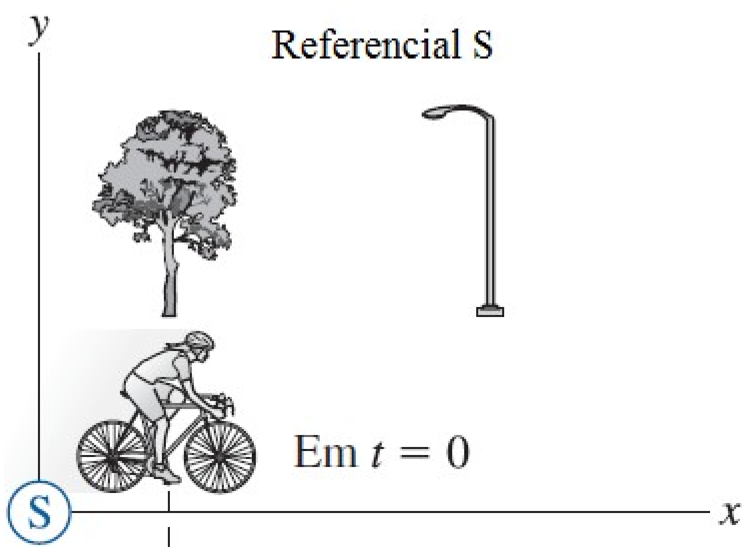
Transformações de coordenadas servem para correlacionar as observações (cinemáticas) entre dois sistemas de referência ou **referencial.** Quando dois referenciais estão em movimento à velocidade constante, do ponto de vista clássico, as equações de transformações válidas são a de Galileu.

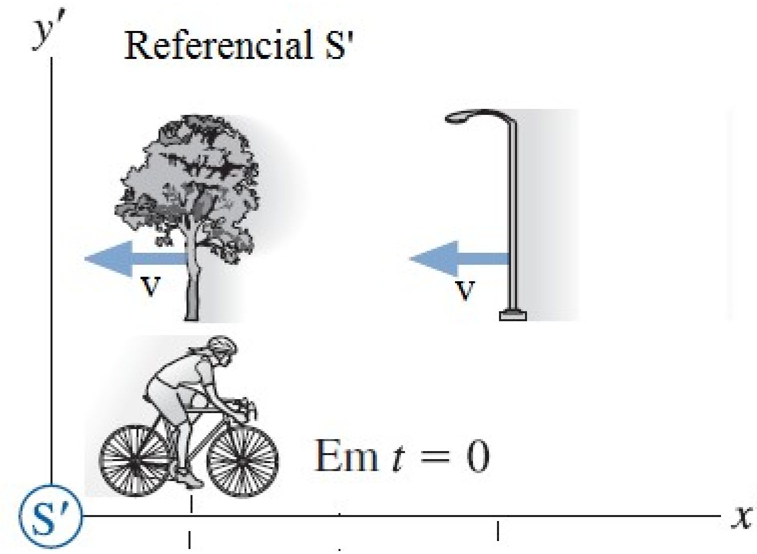
Considerando dois sistemas de referência, coincidentes em t=0 e deslocando-se relativamente a velocidade constante v na direção dos eixos x x´, teremos:



$$x' = x - vt\,;\ y' = y\,;\ z' = z\,;\ (t' = t)$$

Transformações de Galileu





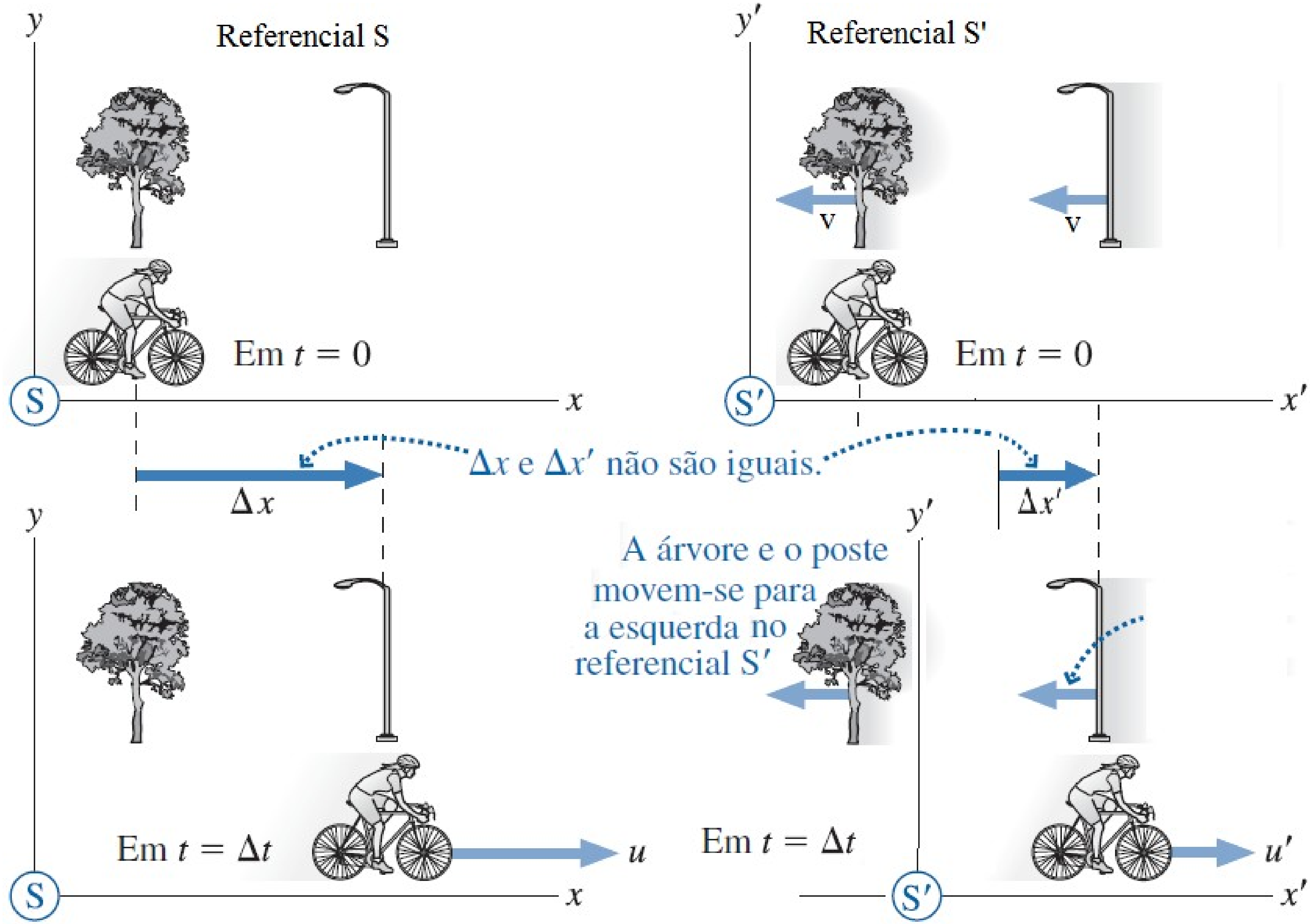
Transformação inversa

$$\begin{cases} x = x' + vt \\ y = y' \\ z = z' \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_x = \dfrac{dx}{dt} = \dfrac{dx'}{dt} + v = u'_x + v \\ u_y = \dfrac{dy}{dt} = \dfrac{dy'}{dt} = u'_y \\ u_z = \dfrac{dz}{dt} = \dfrac{dz'}{dt} = u'_z \end{cases}$$

Adição de velocidades $\Rightarrow$ $\boxed{u_x = \acute{u}_x + v}$

Transformações de Galileu



Transformações de Lorentz.

As transformações de coordenadas que estão de acordo com as previsões da teoria da Relatividade Restrita são as tranformações de Lorentz. Estas tem características especiais para serem aceitas. Por exemplo, elas devem:

1) Concordar com as transformações de Galileu no limite de baixas velocidades; $v << c$

2) Transformar não apenas as coordenadas espaciais, mas também a coordenada temporal.

3) Assegurar que a velocidade da luz seja sempre a mesma, *c* , em todos os referenciais.

4) Serem *lineares*: $x' = a\,x + b\,t$ e $t' = A\,x + B\,t$, *onde* a, b, A *e* B *são constantes que dependem apenas de* ***v***

5) Reproduzir os efeitos cinemáticos já discutidos como o da **diltação** temporal e contração **espacial**

Transformações de Lorentz.

Transformação de S para S'	transformação inversa S' para S
$x' = \gamma\,(x - vt)$	$x = \gamma\,(x' + v\,t')$
$y' = y$	$y = y'$
$z' = z$	$z = z'$
$t' = \gamma\,(t - vx / c^2)$	$t = \gamma\,(t' + vx' / c^2)$

Transformações de Lorentz – Intervalo .

de *S* para *S'*

$x = \gamma\,(x' + vt')$

$y = y'$

$z = z'$

$t = \gamma\,(t' + vx' / c^2)$

portanto o Intervalo:

$$\Delta x = \gamma\,(\Delta x' + v\,\Delta t') \qquad \text{(I)}$$

$$\Delta y = \Delta y'$$

$$\Delta z = \Delta z'$$

$$\Delta t = \gamma\,(\Delta t' + v\Delta x' / c^2) \qquad \text{(II)}$$

Adição de Velocidades Relativísticas

Dividindo as equações (I) e (II) teremos:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{\Delta x'+v\,\Delta t'}{\Delta t'+v\left(\Delta x'/c^2\right)}=\frac{\dfrac{\Delta x'}{\Delta t'}+v}{1+\dfrac{\dfrac{\Delta x'}{\Delta t'}v}{c^2}}$$

ou

$$\boxed{u_x=\frac{\acute{u}_x+v}{1+\dfrac{v\,\acute{u}_x}{c^2}}}$$

Sendo a equação de transformação de velocidades inversa dada por

$$\boxed{\acute{u}_x=\frac{u_x-v}{1-\dfrac{v\,u_x}{c^2}}}$$

Exemplo 37-3 Fundamentos de Física 8° Edição

Na Fig. 37-8 Maria (no ponto A) e João (a bordo de uma espaçonave cujo comprimento é 230 m) passam um pelo outro com uma velocidade relativa constante v. Segundo Maria, a nave leva 3,57 μs para passar (intervalo de tempo entre a passagem do ponto B e a passagem do ponto C). Em termos de c, a velocidade da luz, qual é a velocidade relativa v entre Maria e a nave?

O comprimento e o tempo citados no exemplo são valores próprios?

Solução: Do ponto de vista de Maria, que mede um comprimento contraído (L_M),

$\Delta T_M = L_M/v = L_0/\gamma v$ ===>

$$v = \frac{L_0/\gamma}{\Delta t} = \frac{L_0\sqrt{(1-(v/c)^2}}{\Delta t}$$

$$v = \frac{L_0 c}{\sqrt{(c\,\Delta t)^2 + L_0^2}}$$

$$= \frac{(230\text{ m})c}{\sqrt{(299\,792\,458\text{ m/s})^2(3{,}57\times10^{-6}\text{ s})^2 + (230\text{ m})^2}}$$

$$= 0{,}210c. \qquad \text{(Resposta)}$$

Exemplo 37-1 Fundamentos

A espaçonave do leitor passa pela Terra com uma velocidade relativa de $0{,}9990c$. Depois de viajar durante 10,0 anos (tempo do leitor) pára na estação espacial EE13, faz meia-volta e se dirige para a Terra com a mesma velocidade relativa. A viagem de volta também leva 10,0 anos (tempo do leitor). Quanto tempo leva a viagem de acordo com um observador terrestre? (Despreze os efeitos da aceleração.)

Itens importantes no encaminhamento da solução do problema

1- Quais são os eventos?

2- Quais são os observadores?

3- Qual observador mede o tempo próprio?

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

Viagem de ida.

$$= \frac{10{,}0 \text{ anos}}{\sqrt{1 - (0{,}9990c/c)^2}} = (22{,}37)(10{,}0 \text{ anos}) = 224 \text{ anos}.$$

Portanto ida e volta 448 anos

Exercício

••33 Uma espaçonave cujo comprimento próprio é 350 m está se movendo com uma velocidade de 0,82c em um certo referencial. Um micrometeorito, também com uma velocidade de 0,82c nesse referencial, cruza com a espaçonave viajando na direção oposta. Quanto tempo o micrometeorito leva para passar pela espaçonave, do ponto de vista de um observador a bordo da espaçonave?

Solução: A equação cinemática que calcula o tempo é dada pela razão entre espaço percorrido por velocidade. Neste problema temos o espaço a ser percorrido que é o c comprimento próprio medido pelo observador dentro da espaçonave. O problema agora é calcular a velocidade do meteorito segundo este mesmo observador. Para tanto vamos usar a transformação de velocidade

$$u' = \frac{u - v}{1 - uv/c^2} = \frac{-0,82\,c - 0,82c}{1 - (-0,82)(0,82)} = \frac{-1,64c}{1,6724} = 0,98062664434c$$

Portanto t = 350 m /(0,98062664434 x 299792458 m/s) = 1,19 x 10^{-6} s