

# Física IV (IF 2023)

## Aula 24

- Objetivos de aprendizagem
  - Definir o “comprimento próprio” de um objeto
  - Usar a transformação de Lorentz para obter o comprimento de uma barra em movimento em um dado referencial (contração espacial), na direção do movimento
  - Verificar a reciprocidade dos referenciais quanto à contração espacial
  - Interpretar processos físicos observados de diferentes referenciais.
  - Explicar como o aspecto visual de um objeto distante em movimento é semelhante a uma rotação do objeto
  - Reconhecer a TL geral

# Comprimento próprio

Comprimento de um objeto no referencial em que o objeto está em repouso

# Contração espacial

- Utilizar a TL para mostrar que uma barra de comprimento próprio  $L_0$  tem o comprimento reduzido pelo fator gama quando observada de um referencial em movimento relativo:

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

- Confirmar a reciprocidade (barra de comprimento  $L_0$  em  $S'$ , vista de  $S$ , e barra de comprimento  $L_0$  em  $S$ , vista de  $S'$ ).

# Viagem interestelar

- Um astronauta parte do sistema solar em direção a Alfa-Centaurio (a 4.3 a.l. do SS) com uma velocidade de  $0.91 c$ . Em quanto tempo, no referencial da nave, será feita a viagem?

Obs.: a velocidade do sistema de Alfa-Centaurio com relação ao sistema solar é desprezível em comparação com a velocidade da luz.

# Exercício

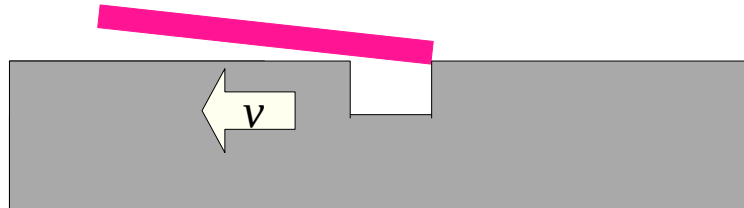


Uma barra com comprimento próprio  $L_0$  desliza sem atrito sobre uma pista plana com velocidade  $v$  tal que o fator gama correspondente é 10. A pista contém um buraco fundo de largura  $D = 2L_0$ , medida no referencial da pista (S), onde a aceleração da gravidade é  $g$ .

a) Qual é a velocidade da barra?

b) A barra cai no buraco?

c) Como este processo é descrito no referencial da barra  $S'$ ? A barra cai ou não no buraco, afinal?



# Exercício

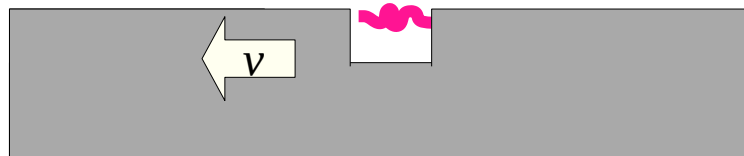


Uma barra com comprimento próprio  $L_0$  desliza sem atrito sobre uma pista plana com velocidade  $v$  tal que o fator gama correspondente é 10. A pista contém um buraco fundo de largura  $D = 2L_0$ , medida no referencial da pista (S), onde a aceleração da gravidade é  $g$ .

a) Qual é a velocidade da barra?

b) A barra cai no buraco?

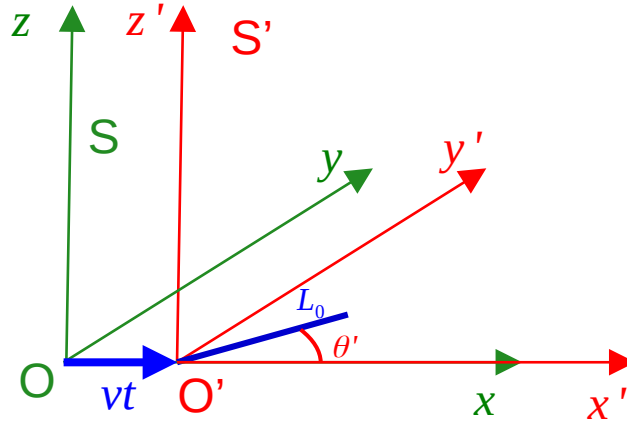
c) Como este processo é descrito no referencial da barra  $S'$ ? A barra cai ou não no buraco, afinal?



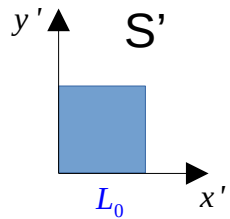
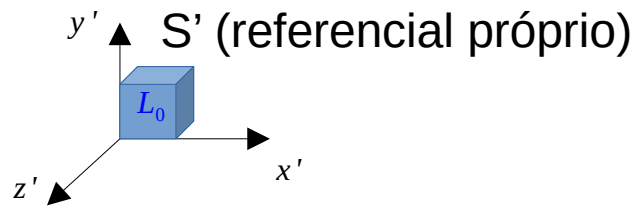
# Inclinação de uma barra em movimento

Uma barra de comprimento  $L_0$  em  $S'$  está disposta no plano  $x'y'$  formando um ângulo  $\theta'$  com o eixo  $x$ .

Qual é o comprimento da barra e o ângulo da barra com relação ao eixo  $x$  no referencial  $S$ ?

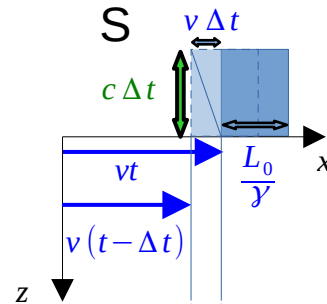
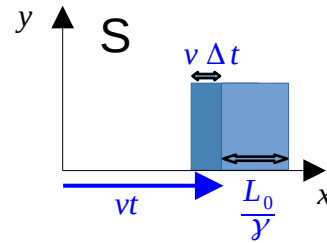


# Cubo visto (de longe), em movimento



Vista na direção de  $z'$ , em  $S'$ .

Em S:



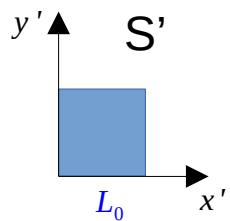
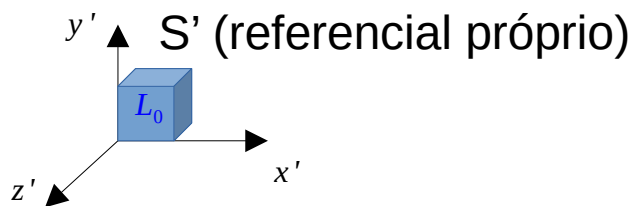
$$c \Delta t = L_0$$

$$v \Delta t = \beta L_0$$

$$t + \frac{Z_{\text{olho}}}{c}$$

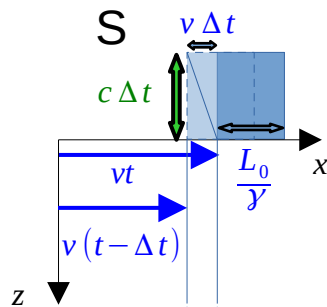
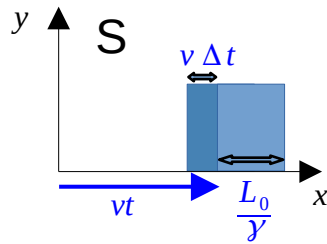


# Cubo visto (de longe), em movimento




Vista na direção de  $z'$ , em  $S'$ .

Em  $S$ :

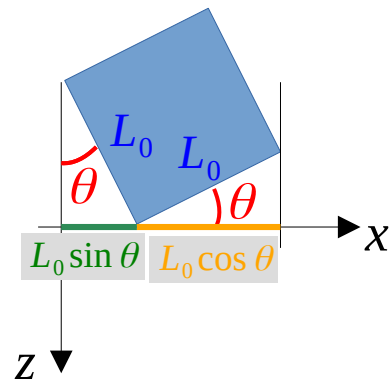


$$c \Delta t = L_0$$

$$v \Delta t = \beta L_0$$



$$t + \frac{Z_{\text{olho}}}{c}$$



$$\sin \theta = \beta$$

$$\cos \theta = \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{1}{\gamma}$$

Obs.: Na verdade, não girou. É uma rotação aparente.

# TL geral

- Decompor o vetor posição em componentes paralela e perpendicular à velocidade

$$\vec{r}_{\parallel} = (\vec{r} \cdot \hat{v}) \hat{v} = \frac{(\vec{r} \cdot \vec{v}) \vec{v}}{|\vec{v}|^2}$$

$$\vec{r}_{\perp} = \vec{r} - \vec{r}_{\parallel}$$

# TL geral

- Decompor o vetor posição em componentes paralela e perpendicular à velocidade

$$\vec{r}_{\parallel} = (\vec{r} \cdot \hat{v}) \hat{v} = \frac{(\vec{r} \cdot \vec{v}) \vec{v}}{|\vec{v}|^2}$$

$$\vec{r}_{\perp} = \vec{r} - \vec{r}_{\parallel}$$

TL geral:

$$\vec{r}'_{\parallel} = \gamma(\vec{r}_{\parallel} - \beta ct \hat{v})$$

$$\vec{r}'_{\perp} = \vec{r}_{\perp}$$

$$ct' = \gamma(ct - \beta \vec{r}_{\parallel} \cdot \hat{v})$$