



# Uma Introdução à Relatividade Restrita

Rafael Alves Batista, Luis Fernando Gomez Gonzales

Departamento de Raios C3smicos e Cronologia  
Instituto de F3sica Gleb Wataghin  
Universidade Estadual de Campinas

[rab@ifi.unicamp.br](mailto:rab@ifi.unicamp.br)  
[lfgomez@ifi.unicamp.br](mailto:lfgomez@ifi.unicamp.br)

Uma Introdu7ao a  
Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilata7ao do Tempo

Contra7ao do Espaço

Transforma7oes de  
Galileu

Transforma7oes de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral

## Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

Contração do Espaço

Transformações de  
Galileu

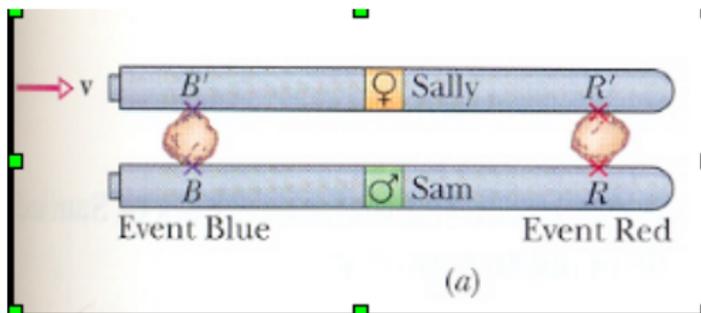
Transformações de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral

- ▶ **Princípio da Relatividade:** Todos os referenciais inerciais são equivalentes.
- ▶ **Princípio da Invariância da Velocidade da Luz:** A velocidade da luz no vácuo é uma constante da natureza,  $c$ . Independentemente da velocidade com que a fonte emissora se mova, a velocidade da luz será sempre esta.

# A questão da simultaneidade



- ▶ Temos dois observadores, Sally e Sam. Ambos estão viajando em foguetes. O foguete de Sally se afasta do foguete de Sam com uma velocidade  $v$ . Sam está exatamente no centro de seu foguete, e num dado instante ele observa as lanternas B e R serem acendidas.

# A questão da simultaneidade

Uma Introdução à  
Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

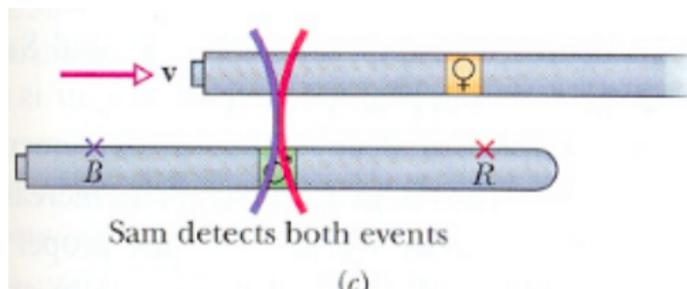
Contração do Espaço

Transformações de  
Galileu

Transformações de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral



- ▶ No referencial de Sam, que observa os eventos B e R, as duas lanternas são acendidas simultaneamente.

# A questão da simultaneidade

Uma Introdução à  
Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

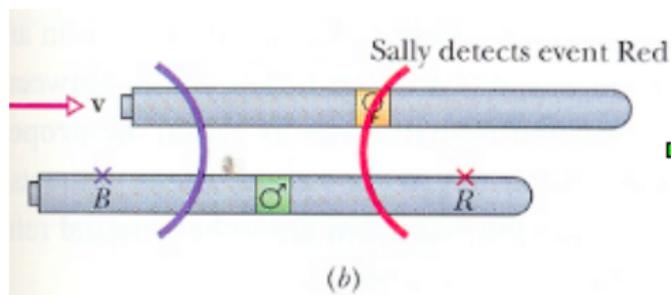
Contração do Espaço

Transformações de  
Galileu

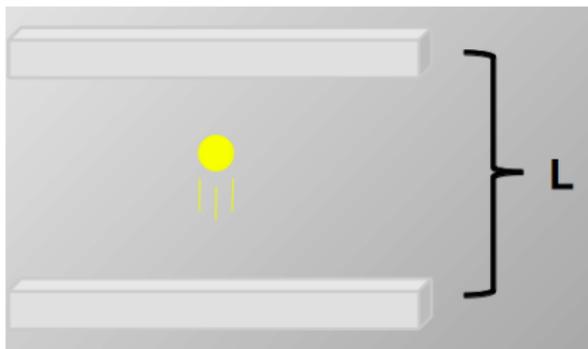
Transformações de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral



- ▶ No referencial de Sally, que observa os eventos  $B'$  e  $R'$ , as lanternas não são acendidas simultaneamente.



- ▶ Consideremos que o foguete de Sam carrega um espelho no teto e outro no chão, separados por uma distância  $L$ . Sam observa o evento mostrado na figura acima.
- ▶ Neste caso, a luz demora um tempo  $t$  para partir da base, refletir no teto, e retornar ao chão. Assim, o tempo gasto é:

$$t = \frac{2L}{c} \quad (1)$$

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

Contração do Espaço

Transformações de Galileu

Transformações de Lorentz

Paradoxos da Relatividade

Relatividade Geral

# Dilatação do Tempo

Uma Introdução à  
Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

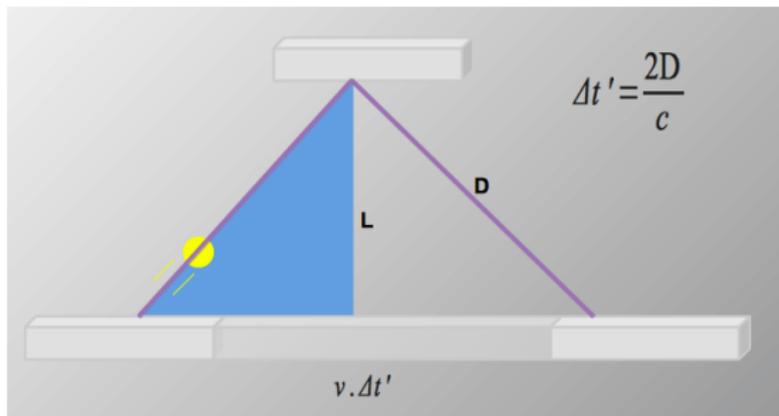
Contração do Espaço

Transformações de  
Galileu

Transformações de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral



- ▶ Sally, cujo foguete se afasta do de Sam com velocidade  $v$ , vê o fóton percorrendo a trajetória acima.
- ▶ Neste caso, a luz demora um tempo  $t'$  para partir da base, refletir no teto, e retornar ao chão. Assim, o tempo gasto é:

$$t = \frac{2D}{c} \quad (2)$$

- ▶ Queremos agora relacionar o tempo visto pelos dois observadores.
- ▶ Uma vez que o deslocamento observado por Sally é  $vt'$ , a distância  $D$  está relacionada a  $L$  da seguinte forma:

$$D^2 = \left(\frac{vt'}{2}\right)^2 + L^2 \quad (3)$$

Assim, temos:

$$t = \frac{1}{c} \sqrt{(vt')^2 + 4L^2} \quad (4)$$

- ▶ Como  $L = ct/2$ , substituindo temos:

$$t = \frac{1}{c} \sqrt{(vt')^2 + (ct)^2} \quad (5)$$

- ▶ Resolvendo para  $t'$ , obtemos a expressão da dilatação temporal:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (6)$$

- ▶ Como  $L = ct/2$ , substituindo temos:

$$t = \frac{1}{c} \sqrt{(vt')^2 + (ct)^2} \quad (7)$$

- ▶ Resolvendo para  $t'$ , obtemos a expressão da dilatação temporal:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (8)$$

- ▶ Referencial  $S'$  se afastando com velocidade  $v$  do referencial  $S$ .

$$x' = x - vt \quad (9)$$

$$y' = y \quad (10)$$

$$z' = z \quad (11)$$

$$t' = t \quad (12)$$

- ▶ Referencial  $S'$  se afastando com velocidade  $v$  do referencial  $S$ .

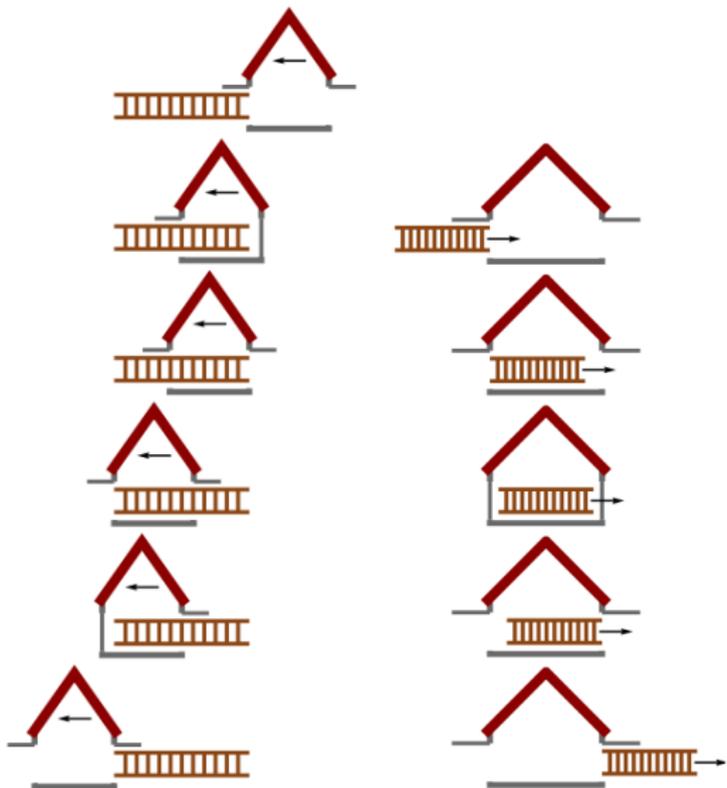
$$x' = \gamma(x - vt) \quad (13)$$

$$y' = y \quad (14)$$

$$z' = z \quad (15)$$

$$t' = \gamma \left( t - \frac{vx}{c^2} \right) \quad (16)$$

# Paradoxo da Escada



Uma Introdução à Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

Contração do Espaço

Transformações de Galileu

Transformações de Lorentz

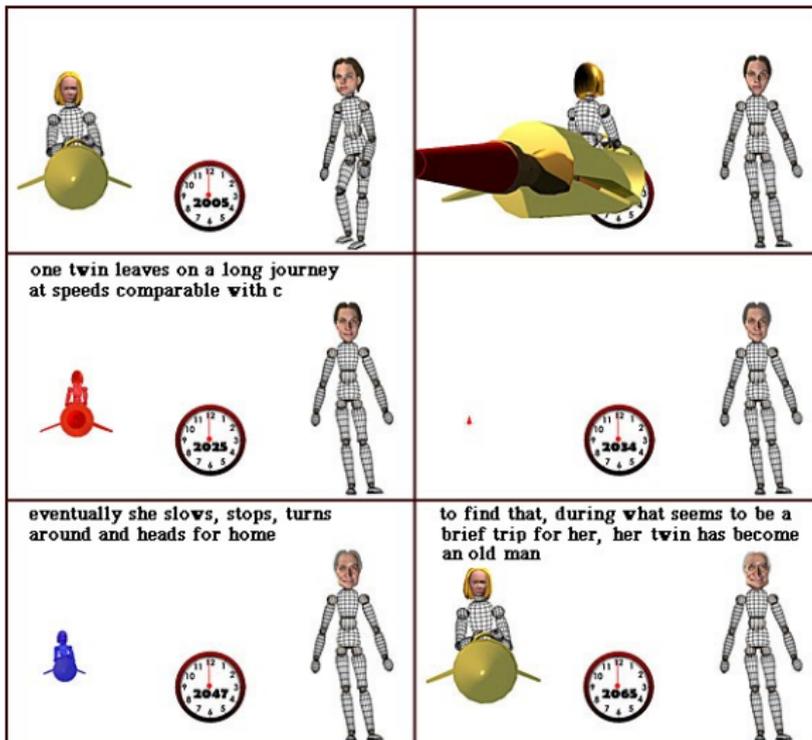
Paradoxos da Relatividade

Relatividade Geral

# Paradoxo dos Gêmeos

Uma Introdução à  
Relatividade Restrita

Rafael, Luis



Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

Contração do Espaço

Transformações de  
Galileu

Transformações de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

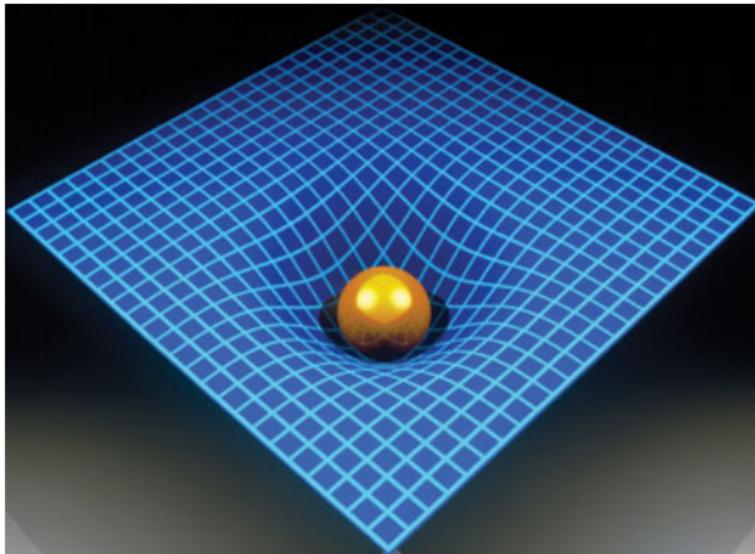
Contração do Espaço

Transformações de  
Galileu

Transformações de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral



Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

Contração do Espaço

Transformações de  
Galileu

Transformações de  
Lorentz

Paradoxos da  
Relatividade

Relatividade Geral

