



Uma Introdução à Relatividade Restrita

Rafael Alves Batista, Luis Fernando Gomez Gonzales

Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia
Instituto de Física Gleb Wataghin
Universidade Estadual de Campinas

rab@ifi.unicamp.br
lfgomez@ifi.unicamp.br

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

- ▶ **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

Uma Introdução à
Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

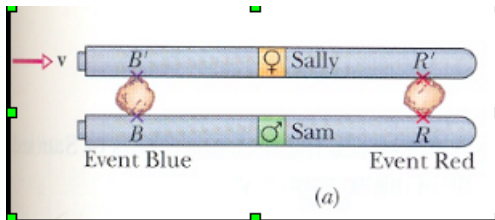
Contração do Espaço

Transformações de
Galileu

Transformações de
Lorentz

Paradoxos da
Relatividade

Relatividade Geral



- 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

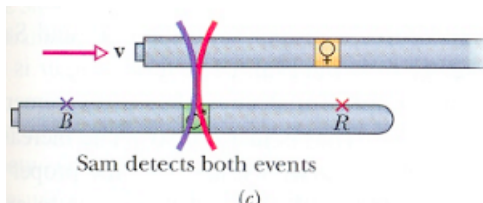
Contração do Espaço

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

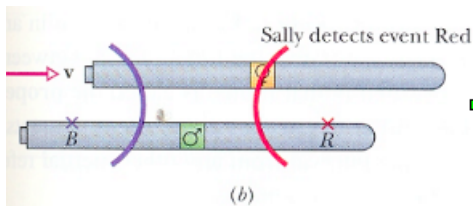
Contração do Espaço

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.

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



- 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:

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

Dilatação do Tempo

Uma Introdução à
Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

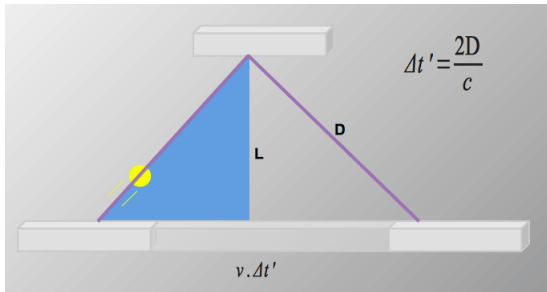
Contração do Espaço

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

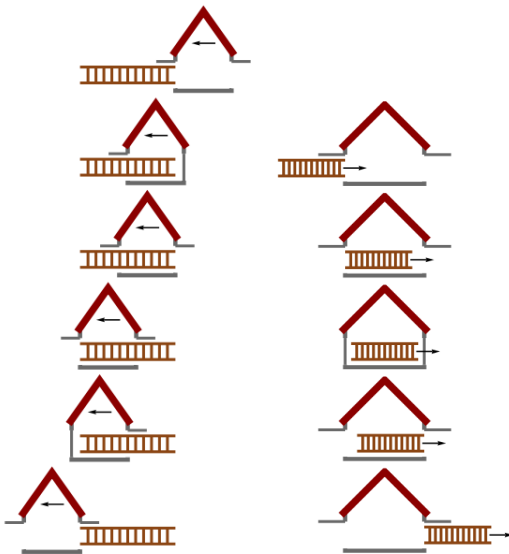
Contração do Espaço

Transformações de
Galileu

Transformações de
Lorentz

Paradoxos da
Relatividade

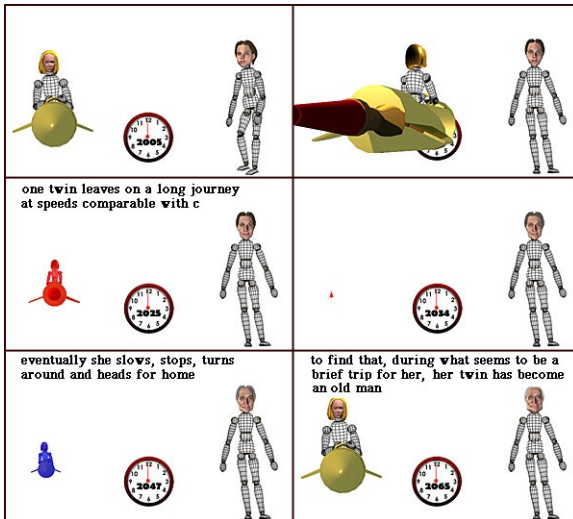
Relatividade Geral



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

Relatividade Geral

Uma Introdução à
Relatividade Restrita

Rafael, Luis

Postulados

Postulados

Simultaneidade

Dilatação do Tempo

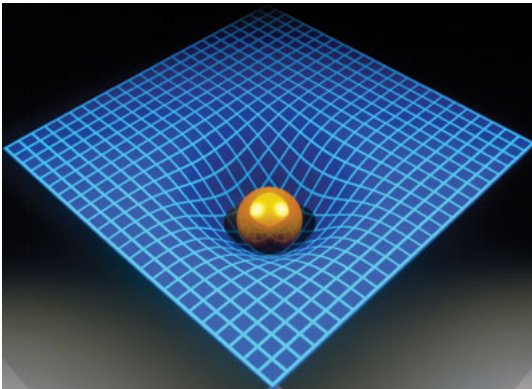
Contração do Espaço

Transformações de
Galileu

Transformações de
Lorentz

Paradoxos da
Relatividade

Relatividade Geral



Relatividade Geral

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

