

Relatividade

Aula 05 - Parte 03

Marcelo G Munhoz
Edifício HEPIC, sala 212, ramal 916940
munhoz@if.usp.br

Alguns Passos

- Procedimento analítico proposto (Capítulo 20 de MJMS):

1. Identificar e rotular os eventos importantes do problema

2. Extrair, a partir das informações fornecidas pelo problema, as 4 coordenadas espaço-temporais de cada evento, em cada um dos referenciais

3. Usar as transformações de Lorentz para obter as 4 coordenadas desconhecidas de um dado evento a partir das 4 coordenadas já conhecidas daquele mesmo evento.

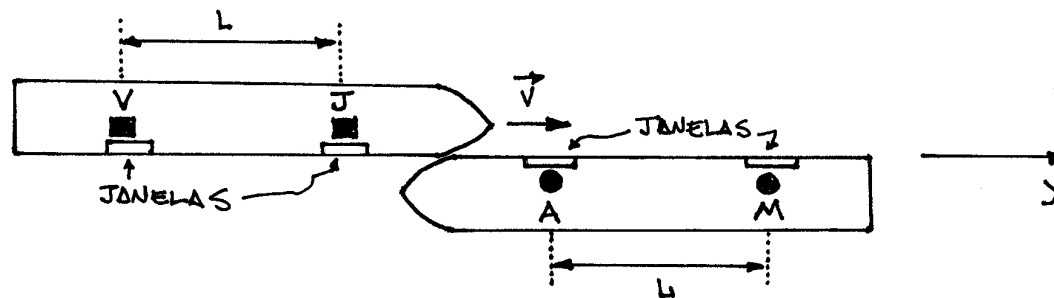
4. Repetir esse procedimento para todos os eventos importantes do problema.

Outro Exemplo

- Exemplo 3 do capítulo 21 de MJMS:
 - *Ana e Maria viajam numa enorme nave espacial e cruzam, a uma velocidade $V = 3/5 \cdot c$, com uma outra nave, onde estão João e Zé. Em ambas as naves, cada passageiro possui um relógio de duas faces e, em cada uma das naves, os relógios estão sincronizados entre si. Além disso, cada pessoa possui uma máquina fotográfica, colocada de modo a poder fotografar simultaneamente o seu relógio e o do passageiro da outra nave, que passa à sua frente num dado instante. Os vários passageiros estão dispostos nas naves de modo que, no referencial da Maria, tanto a distância entre Ana e Maria como a distância entre João e Zé são iguais a $L = 1,8 \times 10^9 m$*

Outro Exemplo

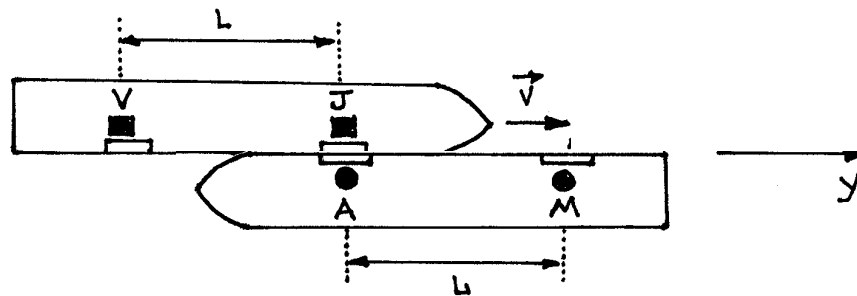
- Exemplo 3 do capítulo 21 de MJMS:
- Calcule a posição e instante em que João encontra Maria e Ana encontra Zé em cada um dos referenciais



MJMS, Figura 21.10

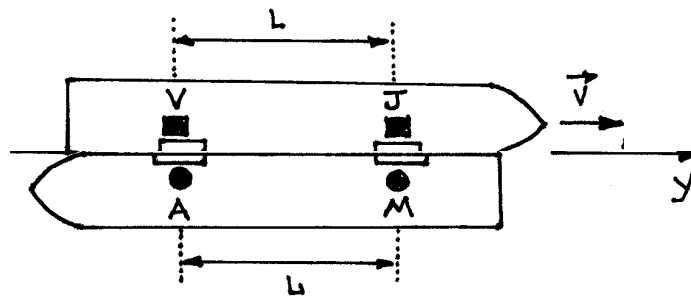
Passos 1 e 2

- Evento de referência
 - João encontra Ana
 - $S_M: (x_M^R, y_M^R, z_M^R, t_M^R) = (0,0,0,0)$
 - $S_J: (x_J^R, y_J^R, z_J^R, t_J^R) = (0,0,0,0)$



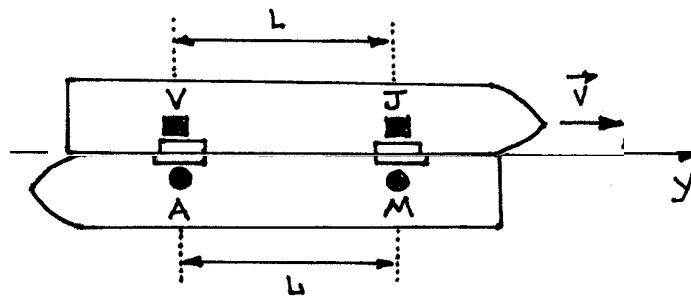
Passos 1 e 2

- Evento a
 - João encontra Maria:
 - $S_M: (x_M^a, y_M^a, z_M^a, t_M^a) = (0, L, 0, L/V)$
 - $S_J: (x_J^a, y_J^a, z_J^a, t_J^a)$



Passos 1 e 2

- Evento b
 - Ana encontra Zé:
 - $S_M: (x_M^b, y_M^b, z_M^b, t_M^b) = (0, 0, 0, L/V)$
 - $S_J: (x_J^b, y_J^b, z_J^b, t_J^b)$



Passos 3 e 4

- Aplicar as Transformações de Lorentz para se obter as coordenadas desconhecidas:

$$x_J = x_M$$

$$y_J = \gamma (y_M - V \cdot t_M)$$

$$z_J = z_M$$

$$t_J = \gamma \left(t_M - \frac{V}{c^2} \cdot y_M \right), \text{ onde } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$$

Passos 3 e 4

- Evento **a**

- João encontra Maria:

- S_M : $(x_M^a, y_M^a, z_M^a, t_M^a) = (0, L, 0, L/V)$

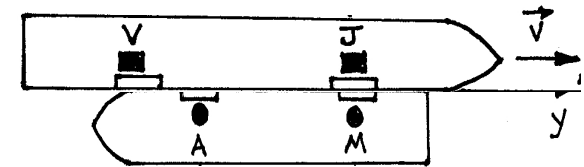
$$x_J^a = x_M^a = 0$$

$$y_J^a = \gamma \left(y_M^a - V \cdot t_M^a \right) = \gamma \cdot \left(L - V \cdot \frac{L}{V} \right) = 0$$

$$z_J^a = z_M^a = 0$$

$$t_J^a = \gamma \left(t_M^a - \frac{V}{c^2} \cdot y_M^a \right) = \gamma \left(\frac{L}{V} - \frac{V}{c^2} \cdot L \right) = \frac{L}{\gamma \cdot V}$$

- S_J : $(x_J^a, y_J^a, z_J^a, t_J^a) = (0, 0, 0, L/(\gamma \cdot V))$



Passos 3 e 4

- Evento **a**

- Ana encontra Zé:

- $S_M: (x_M^b, y_M^b, z_M^b, t_M^b) = (0, 0, 0, L/V)$

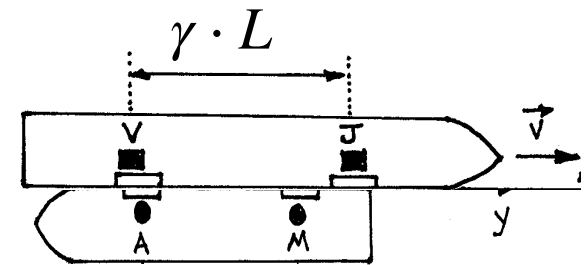
$$x_J^b = x_M^b = 0$$

$$y_J^b = \gamma (y_M^b - V \cdot t_M^b) = -\gamma \cdot \left(V \cdot \frac{L}{V} \right) = -\gamma \cdot L$$

$$z_J^b = z_M^b = 0$$

$$t_J^b = \gamma \left(t_M^b - \frac{V}{c^2} \cdot y_M^b \right) = \frac{\gamma \cdot L}{V}$$

- $S_J: (x_J^b, y_J^b, z_J^b, t_J^b) = (0, -\gamma \cdot L, 0, \gamma \cdot L/V)$



Resultado

- Referencial da Maria

- $S_M: (x_M^R, y_M^R, z_M^R, t_M^R) = (0,0,0,0)$
- $S_M: (x_M^a, y_M^a, z_M^a, t_M^a) = (0,L,0,L/V)$
- $S_M: (x_M^b, y_M^b, z_M^b, t_M^b) = (0,0,0,L/V)$

- Referencial do João

- $S_J: (x_J^R, y_J^R, z_J^R, t_J^R) = (0,0,0,0)$
- $S_J: (x_J^a, y_J^a, z_J^a, t_J^a) = (0,0,0,L/(\gamma \cdot V))$
- $S_J: (x_J^b, y_J^b, z_J^b, t_J^b) = (0, -\gamma \cdot L, 0, \gamma \cdot L/V)$

$$V = 3/5 \cdot c \text{ e } L = 1,8 \times 10^9 m$$

| |
|------|
| ANA |
| 00,0 |
| 00,0 |
| JOÃO |

EVEN TO DE REFERÊNCIA

| |
|------|
| ANA |
| 10,0 |
| 12,5 |
| 35' |

EVEN TO b

MJMS, Figura 21.11

| |
|------|
| ANA |
| 00,0 |
| 00,0 |
| JOÃO |

EVEN TO DE REFERÊNCIA

| |
|-------|
| MARIA |
| 10,0 |
| 08,0 |
| JOÃO |

EVEN TO a

MJMS, Figura 21.12