

# O mistério nos trens expressos

## Física Geral IV (FSC5194 04002 2018-1)

28 de maio de 2018

Atividade e figuras adaptadas do Capítulo 9 do livro *It's About Time*, de David Mermin.

### 1 Identificação

Nome do trem:

Cor do trem:

O nosso trem está se movendo para a  esquerda  direita.

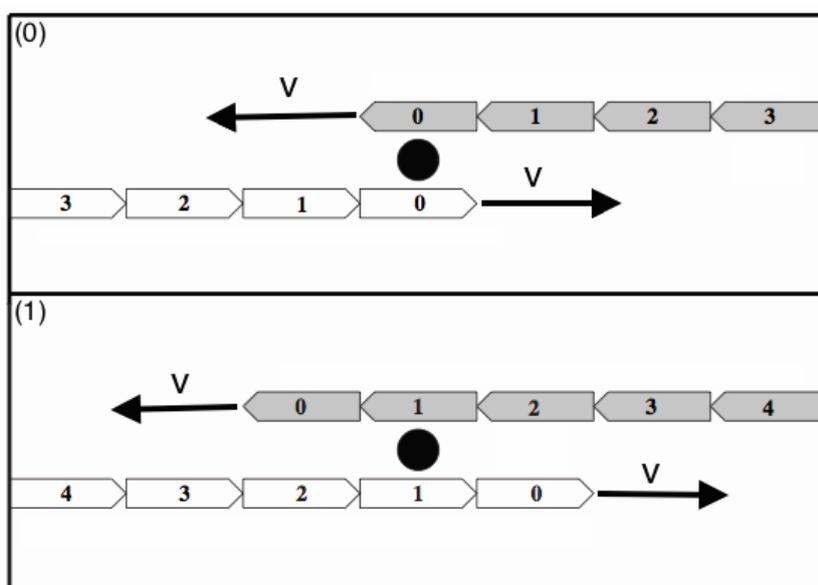
### 2 O problema

Dois trens viajam em sentidos contrários, com velocidade de um passo (= comprimento de um vagão) a cada observação. Cada tripulante está em um vagão, e cada vagão tem uma janela estreita da qual pode-se ver o outro trem. Quando duas janelas se alinham, o tripulante em um trem consegue anotar o horário marcado no relógio do outro trem.

Cada tripulante em um vagão tem um 'relógio' (cartões) e uma planilha de observações para completar. Siga os passos a seguir para fazer as observações.

- Passo 1: Dê um passo para o lado (direita ou esquerda, de acordo com o movimento do seu trem).
- Passo 2: Vire uma folha do seu cartão-relógio para marcar a passagem do tempo.
- Passo 3: Mostre o seu cartão-relógio para a pessoa do trem à frente.
- Passo 4: Anote os dados do vagão do trem à frente na sua planilha.
- Passo 5: Volte ao Passo 1. Repita até chegar ao cartão-relógio marcando a observação número 3.

A figura abaixo mostra a configuração inicial dos dois trens (0) e a configuração da primeira observação (1). O ponto preto marca o centro da estação.



## 2.1 Partículas e observadores especiais

As detecções das partículas  $L$  e  $S$  estão marcadas nos cartões-relógio. Caso alguém faça o papel de uma dessas partículas, siga os seguintes passos.  $L$  começa na observação (0) junto ao vagão 3 do trem que vai para a esquerda.  $L$  se move para a esquerda com a velocidade de dois passos a cada observação.  $S$  aparece na observação (2) junto ao vagão 0 do trem que vai para a esquerda.  $S$  se move para a direita com velocidade de cinco passos a cada observação.

## 3 Observações

Reúnam as observações coletadas por toda a tripulação do seu trem na tabela abaixo.  $N$  = número do vagão;  $t$  = horário (marcado em minutos:segundos); subscrito  $n$  = nosso trem e  $o$  = outro trem;  $P_L$  = marque se a partícula  $L$  foi detectada;  $P_S$  = idem para a partícula  $S$ .

obs	$N_n$	$t_n$	$N_o$	$t_o$	$P_L?$	$P_S?$
1	0	0:06			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	0	0:12			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	0	0:18			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	1	0:08			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	1	0:14			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	1	0:20			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	0:10			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2	0:16			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2	0:22			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	3	0:12			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	3	0:18			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	3	0:24			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	4	0:14			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	4	0:20			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	4	0:26			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	5	0:16			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	5	0:22			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	5	0:28			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	6	0:18			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	6	0:24			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	6	0:30			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4 Desvendando os mistérios dos trens expressos

Consultem a tabela de observações para resolver os mistérios dos trens!

### 4.1 Sincronização dos relógios

1 (a) Procurem duas observações feitas ao mesmo tempo *no seu trem*.

$N_n$	$t_n$	$N_o$	$t_o$

(b) Olhem para os relógios do outro trem. Eles estão sincronizados? Caso não, de quantos segundos por vagão é a dessincronia?

### 4.2 Dilatação do tempo

2 (a) Procurem duas observações feitas no mesmo vagão *do seu trem*.

$N_n$	$t_n$	$N_o$	$t_o$

(b) Calculem o tempo passado no seu trem  $\Delta t_n$  e passado no outro trem  $\Delta t_o$ . Qual desses tempos é um tempo próprio?

(c) O que há de errado no outro trem para os tempos marcados terem sido diferentes?

(d) Calculem o fator de Lorentz  $\gamma$ .

(e) Calculem a velocidade relativa do outro trem em termos da velocidade da luz ( $v/c$ ).

### 4.3 Contração do espaço

3 (a) Procurem duas observações feitas ao mesmo tempo *no outro trem*.

$N_n$	$t_n$	$N_o$	$t_o$

(b) Chamem de  $l$  o tamanho em metros de um vagão. Olhem os resultados do ponto de vista *do outro trem*. Qual é a separação entre as observações em termos dos vagões do outro trem ( $L_o$ )? E qual é a distância em termos dos vagões do seu trem ( $L_n$ )?

(c) Qual deve ser chamado de comprimento próprio,  $L_o$  ou  $L_n$ ?

(d) O que há de errado no outro trem para as distâncias medidas terem sido diferentes?

(e) Calculem o fator de Lorentz  $\gamma$ .

### 4.4 Velocidade da luz

4 (a) Escolham um vagão no outro trem e tomem duas observações feitas pelo seu trem.

$N_n$	$t_n$	$N_o$	$t_o$

(b) Do ponto de vista do seu trem, qual a distância  $l$  ele percorreu? E quanto tempo levou?

(c) Qual é a velocidade  $v$  do outro trem em termos de  $l$ ?

(d) Vocês calcularam  $v/c$  e  $v(l)$ . Achem agora a velocidade da luz em termos de  $l$ .

#### 4.5 Partícula L

5 (a) Anotem duas observações da partícula  $L$ .

$N_n$	$t_n$		$N_o$	$t_o$
<hr/>				

(b) Calculem a velocidade da partícula  $L$  e comparem com a velocidade da luz.

(c) Comparem a velocidade com a observada pelo outro trem.

#### 4.6 Partícula S

6 (a) Anotem duas observações da partícula  $S$ .

$N_n$	$t_n$		$N_o$	$t_o$
<hr/>				

(b) Calculem a velocidade da partícula  $S$  e comparem com a velocidade da luz.

(c) Essa partícula está indo para a direita ou para a esquerda?

(d) Comparem o sentido com o observado pelo outro trem. Discuta as implicações para a causalidade.

### 4.7 Extra: Observadores nos trilhos

7 (a) Analisem os instantâneos das observações na figura abaixo. A estação está representada pelo ponto preto. Todos os relógios no referencial estacionário da estação marcam o mesmo horário do vagão alinhado com o ponto preto (centro da estação).

Calculuem a velocidade da partícula  $L$  e comparem com a velocidade da luz.

(b) Comparem a velocidade da partícula  $L$  com a observada pelos dois trens.

(c) Os relógios dos trens estão sincronizados?

