

Relatividade – Profs. Ivã Gurgel e Felipe Prado

2018_1º sem

Parte I – Questões de Ênfase Conceitual

- 1) Imagine que um/uma estudante do Ensino Médio lhe pergunte *qual a diferença entre as teorias de Einstein e de Newton?* O que você responderia?
- 2) O primeiro princípio da Teoria da Relatividade afirma, nas palavras de Einstein, que *as leis que descrevem a mudança dos estados dos sistemas físicos são independentes de qualquer um dos sistemas de coordenadas que estão em movimento de translação uniforme, um em relação ao outro, e que são utilizados para descrever essas mudanças.* a) Qual problema – relacionado ao eletromagnetismo – inspirou Einstein a formular este princípio? b) Reescreva-o em suas próprias palavras.
- 3) Considere um corpo que se move a $2/3$ da velocidade da luz, isto é, a 200.000 km/s, em um referencial A. Se este corpo emitir um sinal de luz, com que velocidade este sinal será detectado por um observador parado neste mesmo referencial?
- 4) Maria observa João carregando um relógio de luz. Como Maria “vê” o tempo passar neste relógio? Descreva qualitativamente.
- 5) Um trem se move com velocidade v , para a direita, relativamente à plataforma de uma estação. Um sinal luminoso, emitido por um observador no centro do trem, ilumina simultaneamente, para ele, as suas duas extremidades. O que observam os funcionários da estação?
- 6) Maria e João acendem, cada um, uma bomba e começam a correr de modo a se afastarem. Considerando que as bombas são idênticas, qual explodirá primeiro?
- 7) Quais, das ações a seguir, são eventos? a) Escrever uma palavra; b) Colocar um pinga na letra i; c) Correr com uma bomba; d) Uma bomba explodir; e) Passar por uma porta; f) Andar por um corredor.

Parte II – Questões de Ênfase Formal

- 8) Maria acende duas bombas idênticas quando João passa por ela a uma velocidade $4c/5$. Considerando que o tempo próprio para a explosão seja 0,5s, determine as posições e instantes das explosões das duas bombas nos dois referenciais.
- 9) Se a vida média própria do μ (múon) é de aproximadamente 2×10^{-6} s, que distância média ele percorre no laboratório antes de decair, quando sua velocidade for $4c/5$. Como explicar seu deslocamento no referencial do μ ?
- 10) João carrega um relógio e viaja em um trem que se desloca para a direita no eixo y com velocidade $3c/5$. O trem passa pela plataforma de uma estação de $2,16 \times 10^{10}$ m, onde Maria colocou três relógios com marcadores bastante

visíveis, um em cada extremidade e um no centro. Quando o relógio do trem encontrar cada um dos relógios da estação eles terão a mesma indicação de tempo? Considere o primeiro encontro como momento de sincronização.

11) João, viajando num trem com velocidade $3c/5$, passa por uma estação onde se encontra Maria. Na plataforma ela colocou dois lançadores de dardos, separados por 10m, e ligou cada um deles a um único interruptor, que permite lança-los simultaneamente. No instante que o trem passa pela estação, de forma a ocupar a plataforma, Maria aciona o disparador e os dardos cravam-se no trem. Após algum tempo o trem volta e pára, quando Maria e João podem verificar a distância entre os dados. Qual será a medida deles? Como explicar em ambos os referenciais?

12) João viaja em um trem com comprimento de 250m a velocidade $3c/5$. Maria planeja uma emboscada e instala um dispositivo que fecha as portas de um túnel assim que acionado. Com isso ela busca prender o trem de João. Contudo, o túnel tem apenas 200m. Seu plano dará certo?

Relatividade - 4300374-2018

Exercícios Adicionais

Exercícios adaptados de A.P. French, *Special Relativity*, 1968, capítulo 4

Questão 1.

Dois eventos ocorrem no mesmo lugar em um referencial inercial e são separados por um intervalo temporal de 4 segundos. Qual é a separação espacial entre esses dois eventos em um referencial inercial no qual o intervalo temporal é de 6 segundos?

Questão 2.

Dois eventos ocorrem simultaneamente em um referencial inercial e são separados por uma distância de 1km ao longo do eixo y . Qual é o intervalo temporal entre esses dois eventos, separados por uma distância de 2km em outro referencial inercial, movimentando-se ao longo do eixo y em relação ao primeiro?

Questão 3.

João viaja na dianteira de um foguete de comprimento próprio L que se move em velocidade constante em relação à Maria, que se encontra no solo. No instante em que ambos se encontram no eixo y , João emite um sinal de luz para a traseira do foguete.

- (a) Em que instante e posição, no referencial de João, o sinal chega na traseira do foguete?
- (b) Em que instante e posição, no referencial de Maria, o sinal chega na traseira do foguete?
- (c) Em que instante, no referencial de Maria, a traseira do foguete passa por ela?

Questão 4.

João viaja em um foguete de comprimento próprio de 100m que se move em velocidade constante de $\frac{3c}{5}$ em relação ao referencial de Maria, que se encontra em uma estação espacial. No instante em que a traseira do foguete passa por ela, ela emite um sinal de rádio que deve ser captado por um receptor na dianteira do foguete. Obtenha as coordenadas espaciais e temporais da recepção do sinal em ambos os referenciais.

Questão 5.

À meia-noite João, que viaja em um foguete com velocidade $\frac{4c}{5}$, passa pela Terra, onde se encontra Maria. Ambos concordam que este evento ocorreu à meia-noite.

- (a) À meia-noite e meia, segundo o relógio de João, o foguete passa por uma estação espacial interplanetária em repouso em relação à Terra. Neste instante João lê o relógio da estação, que está sincronizado com o relógio de Maria. Qual horário é lido por João?
- (b) Assim que João passa pela estação espacial, ele emite um sinal de rádio para Maria. Em que horário, segundo o relógio de Maria, o sinal será recebido? E no relógio de João?

Relatividade - 4300374-2018

GABARITO

LISTA 1.

(8) Evento 1 (encontro):

M (0,0)

J (0,0)

Evento 2 (Bomba de Maria explode):

M $(0, \frac{1}{2})$

J $(\frac{-2c}{3}, \frac{5}{6})$

Evento 3 (Bomba de João explode):

M $(\frac{2c}{3}, \frac{5}{6})$

J $(0, \frac{1}{2})$

(9) Deslocamento do múon em seu próprio referencial: $d = 4,8 \times 10^2$ m

Deslocamento do múon no referencial do laboratório: $d = 8,9 \times 10$ m

(10) Evento 1 (Encontro/João vê o primeiro relógio):

M (0,0)

J (0,0)

Evento 2 (João vê o segundo relógio):

M $(1,08 \times 10^{10}, 60)$

J (0,48)

Evento 3 (João vê o terceiro relógio):

M $(2,16 \times 10^{10}, 120)$

J (0, 96)

(11) A medida será de 12,5 m.

(12) Evento 1 (Encontro/A dianteira do trem entra no túnel)

M (0,0)

J (0,0)

Evento 2 (A dianteira do trem chega ao fim do túnel)

$$M(200, 1, 11 \times 10^{-6})$$

$$J(0, 8.89 \times 10^{-7})$$

Evento 3 (A traseira do trem passa pelo início do túnel)

$$M(0, 1, 11 \times 10^{-6})$$

$$J(-250, 1, 39 \times 10^{-6})$$

LISTA EXTRA.

(1) 1,1 m

(2) $5,78 \times 10^{-6}$ s

(3) (a) $J(-L, L/c)$

(b) $M\left(-L\sqrt{\frac{1-v/c}{1+v/c}}, \frac{L}{c}\sqrt{\frac{1-v/c}{1+v/c}}\right)$

(c) $M\left(0, \frac{L}{\gamma v}\right)$

(4) Evento 1 (Encontro)

$$M(0,0)$$

$$J(0,0)$$

Evento 2 (O sinal é captado)

$$M(200, \frac{200}{c})$$

$$J(100, \frac{100}{c})$$

(5) Evento 1 (Encontro)

$$M(0,0)$$

$$J(0,0)$$

Evento 2 (João lê o relógio da estação espacial e envia um sinal de rádio para Maria)

$$M(2400c, 3000)$$

$$J(0, 1800)$$

Evento 3 (Maria recebe o sinal de João)

$$M(0, 5400)$$

$$J(-7200c, 9000)$$

OBS: está implícito o uso das unidades no sistema internacional

ERRATA

- Há um erro no gabarito, na questão 9 (referente ao *múon*)

O deslocamento do *múon* no referencial do laboratório é $d = 8 \times 10^2$ m, e não $8,9 \times 10$ m.

- Há outro erro (grosseiro) na questão 1 da lista extra. Consta no gabarito 1,1 m.

O valor correto é $1,3 \times 10^9$ m.