

FÍSICA MODERNA - 1/2011

LISTA 2

1. A dilatação do tempo implica que se um relógio se move em relação a um referencial S medidas cuidadosas feitas por um observador em S vão determinar que o relógio se atrasa. Isto **não** é o mesmo que dizer que um observador em S irá *ver* que o relógio se atrasa; esta última afirmação não é, de fato, sempre verdadeira. Para entender isto, lembre-se que o que nós *vemos* é determinado pela luz que chega até nossos olhos. Considere três observadores estacionários em S, A, B e Q, de tal maneira que $x_A < x_B < x_Q$, e suponha que um relógio se move em relação a S e marca a passagem de um intervalo de tempo Δt_0 enquanto caminha entre as posições de A e B. O intervalo de tempo medido em S entre os eventos "relógio na posição de A" e "relógio na posição de B" é, naturalmente, $\Delta t = \gamma \Delta t_0$. No entanto, B está mais próximo de Q do que A; por isso, o tempo que a luz leva para ir de B até Q é menor que o tempo que leva para ir de A até Q. Portanto, o intervalo de tempo Δt_{obs} entre o instante em que Q *vê* o relógio passando por A e o instante em que Q *vê* o relógio passando por B é menor que Δt .

(a) Prove que $\Delta t_{obs} = \Delta t(1 - \beta) = \Delta t_0 \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}$ (Demonstre ambas as igualdades.) Por isso, já que Δt_{obs} é menor que Δt_0 , o observador Q vai *ver* o relógio adiantar!

(b) E *depois* que o relógio passar por sua posição, Q vai *ver* o relógio atrasar ou adiantar? (Suas respostas a estas perguntas estão relacionadas com o efeito Doppler)

A moral deste problema é que devemos ser muito cuidadosos com a forma como falamos e pensamos sobre a dilatação do tempo. Está correto dizer que "*medidas cuidadosas* de relógios em movimento mostram que eles se atrasam", mas está errado dizer que "*vemos* relógios em movimento se atrasarem".

2. Uma régua de 1 metro se move com velocidade $0,8c$ com relação a um referencial S.

(a) Qual o comprimento desta régua medido por observadores em S se ela está paralela à direção de sua velocidade?

(b) Qual o comprimento desta régua medido por observadores em S se ela está perpendicular à direção de sua velocidade?

(c) E se a régua faz um ângulo de 60° com o vetor velocidade, no seu referencial de repouso? (Sugestão: imagine que a régua é a hipotenusa de um triângulo de ângulos internos 30° , 60° e 90° .)

3. Os referenciais S e S' estão na configuração standard com velocidade relativa $0,8c$ paralela ao eixo Ox .

(a) Quais são as coordenadas espaço-temporais em S de um evento que ocorre sobre o eixo x' com $x'_1 = 1500\text{m}$ e $t'_1 = 5\mu\text{s}$?

(b) Mesma pergunta, para um segundo evento sobre o eixo x' de coordenadas $x'_2 = -1500\text{m}$ e $t'_2 = 10\mu\text{s}$.

(c) Qual o intervalo de tempo entre os 2 eventos, medido em S e S'?

4. Num certo referencial S, dois eventos têm separação espacial $\Delta x = 600\text{m}$, $\Delta y = \Delta z = 0$, e separação temporal $\Delta t = 1\mu\text{s}$. Um segundo referencial S' se move na direção Ox com velocidade V não nula e Ox' paralelo a Ox . Encontra-se que, em S', a separação espacial $\Delta x'$ é também 600m . Quem são V e $\Delta t'$?

5. Uma cobra relativística de comprimento próprio 100cm se move com velocidade $V = 0,6c$ para a direita sobre uma mesa. Você quer provocar a cobra e segura dois machados a uma distância de

100cm entre si, e planeja dar machadadas simultâneas na cobra de modo que o machado da esquerda raspa na ponta final da cauda da cobra (cobra tem cauda??). Seu raciocínio é o seguinte: "A cobra se move com $\beta = 0,6$. Portanto, seu comprimento será encurtado por um fator $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{5}{4}$ e seu comprimento, medido no meu referencial de repouso, será de 80cm. Isto implica que o machado da direita cairá 20cm à frente da cabeça da cobra, que não será machucada". Por outro lado, a cobra raciocina assim: "Os machados se aproximam de mim com $\beta = 0,6$, logo a distância entre eles será encurtada para 80cm. Como meu comprimento é de 100cm, serei cortada em duas quando passar por eles."

Use a transformação de Lorentz para resolver este aparente paradoxo.

6. Suponha que um sinal (um pulso de luz, por exemplo) seja visto em S ter uma velocidade c ao longo do eixo y .

(a) Escreva as componentes de sua velocidade v' em um referencial S' na configuração standard que tem velocidade V relativa a S no sentido positivo de Ox .

(b) Em que direção este sinal se move no referencial S'?

(c) Use sua resposta ao item (a) para determinar o módulo de v' .