

10ª Série de Problemas
Mecânica e Ondas
LEE/LEGI

1. Um farol espacial roda em torno do seu eixo com uma velocidade angular constante, ω . O ponto iluminado pelo feixe a uma distância R do farol tem uma velocidade dada pela expressão clássica $v = \omega R$. Assim, para uma distância suficientemente grande, verifica-se que v se torna maior que c , a velocidade da luz. Como explica este resultado?

2. Uma nave, cujo comprimento em repouso é de 60 m, afasta-se de um observador na Terra. A sua velocidade pode ser determinada enviando um sinal luminoso da Terra que é reflectido de volta por dois espelhos colocados em cada uma das extremidades da nave. Começa-se por receber um sinal de resposta (1), resultante da reflexão no espelho mais próximo do observador na Terra, seguido de um sinal de resposta (2), que resulta da reflexão no espelho mais afastado. O segundo sinal é recebido pelo observador na Terra $1,74 \mu\text{s}$ depois da recepção do primeiro.
 - a) Qual é a velocidade da nave?
 - b) A nave transporta um laboratório de Física onde se produzem mesões que se deslocam com uma velocidade de $0,999c$ em relação a esta. Qual é a velocidade destes mesões em relação a um laboratório na Terra? (compre com o resultado clássico).

3. Um atleta corre com velocidade V transportando uma barra horizontal de comprimento L_0 cujas extremidades são A e B. No ponto médio da barra existe uma fonte que emite luz (vd. Fig.1).

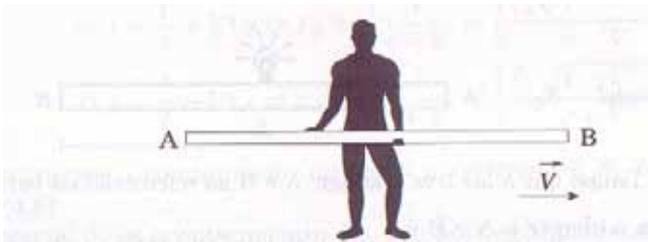


Fig.1

Nas respostas às alíneas que se seguem, compare a solução relativista com a solução clássica, não relativista.

- a) A fonte emite um impulso. Calcule os intervalos de tempo para a luz chegar a **A** e a **B**, medidos no referencial do corredor.
- b) O mesmo, mas no referencial de quem está parado.

- c) Qual deverá ser a velocidade V para que, no referencial de quem está parado, a barra tenha um comprimento $L=L_0/2$.
- d) Se a barra com a velocidade V calculada em c) entrar numa garagem de comprimento $L=L_0/2$ (Fig.2) os acontecimentos “passagem da extremidade **B** da barra pela porta P_B ” e “passagem da extremidade **A** pela porta P_A ” são simultâneos no referencial da garagem. E no referencial da barra? Qual o comprimento da garagem no referencial da barra?
- e) Se no instante em que, para o referencial da garagem, a barra está toda lá dentro, forem simultaneamente fechadas as portas P_A e P_B , a barra fica fechada na garagem. Como é isto possível se, para um observador ligado à barra (o corredor), esta tem comprimento L_0 e a garagem um comprimento menor? Calcule a diferença entre o comprimento da garagem e o da barra no referencial do corredor e compare com o espaço percorrido pela garagem no intervalo de tempo entre o fecho das portas.
- f) Qual o intervalo no espaço-tempo entre os dois acontecimentos nos dois referenciais.

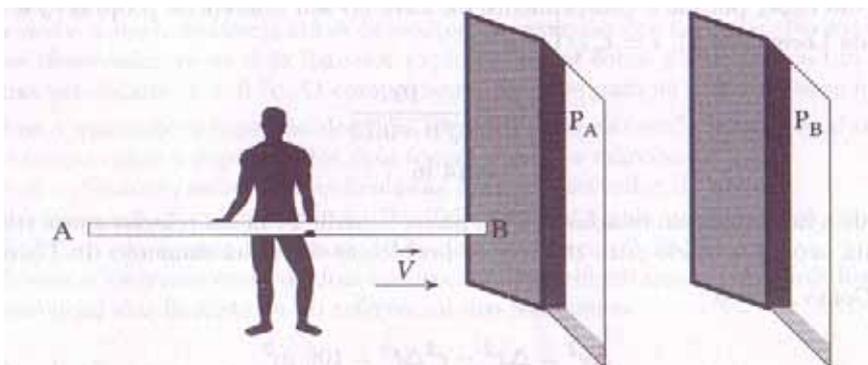


Fig.2

4. Era uma vez um extraterrestre que viajava no seu OVNI pela galáxia. Quando tinha 20 anos terrestres o seu OVNI passou junto à Terra e ele viu no visor da nave uma estudante terrestre, exactamente da mesma idade, por quem se apaixonou (acontecimento A). Infelizmente os dirigentes do seu planeta proibiram o namoro e ele prosseguiu a sua viagem com um velocidade de $0.98c$ ($v^2=0.96c^2$) em relação à Terra. Só um ano depois (segundo o relógio do OVNI) o extraterrestre conseguiu enviar um sinal rádio, de frequência 10^4 Hz declarando o seu amor (acontecimento B), tendo este chegado posteriormente à estudante (acontecimento C).

- a) Represente qualitativamente os acontecimentos A, B e C nos diagramas espaço-tempo da estudante e do extraterrestre.
- b) Calcule a idade da estudante quando o sinal rádio foi enviado.
- c) Calcule a idade da estudante quando recebeu o sinal rádio
- d) Indique em que frequência deve a estudante sintonizar o seu rádio para poder captar a mensagem do extraterrestre.

5. A nave espacial Enterprise desloca-se com velocidade de $0.96c$ em relação a uma base espacial da Federação. O comprimento da nave medido por um dos técnicos da base da base é de 60 m. Dentro da nave, um feixe de muões é disparado com uma velocidade de $0.9c$ de uma extremidade à outra, no sentido do movimento da nave.

- a) Quanto tempo demora o feixe a realizar esse trajecto, para o comandante da nave?
- b) No relógio de um dos técnicos da base da Federação, quanto tempo demora o feixe a realizar o seu percurso?
- c) Qual a velocidade do feixe de muões no referencial da base espacial?

6. Uma civilização extraterrestre em exercícios militares na vizinhança da Terra, lança acidentalmente um míssil em direcção ao ponto mais estratégico do nosso planeta: a base das Lajes. O Super-Homem em férias no espaço, é avisado do perigo eminente. Quando na base terrestre das Lajes começa oficialmente a monitorização da missão de salvamento, o míssil encontra-se a 10^8 m com uma velocidade de $2 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$ (acontecimento A) e o Super-Homem encontra-se a $9 \cdot 10^8$ m (acontecimento B) com uma velocidade de cruzeiro v e perfeitamente alinhado com a direcção do míssil.

- a) Calcule a velocidade de cruzeiro do Super-Homem para que este salve o planeta no último instante (acontecimento C).
- b) Calcule no referencial do Super-Homem a distância no tempo e no espaço entre os acontecimento B e C.
- c) Mostre que o intervalo do Universo entre os acontecimento B e C (Δs), é de facto igual no referencial da Terra e no referencial do Super-Homem (intervalo invariante).
- d) O Super-Homem já em velocidade de cruzeiro para a Terra, envia um sinal rádio de frequência 10^5 Hz na direcção da base. Qual a frequência em que deve ser sintonizado o receptor da base?
- e) Afinal o Super-Homem estava no parque de diversões de Martepólis. Sendo a distância Terra-Marte de 10^{11} m, refaça a linha a).

7. Um avião transportando um Professor e um aluno da L. E. E. e uma aluna da L. E. G. I., entre outros passageiros, viaja de Buenos Aires para Lisboa à módica velocidade uniforme de $0.99c$ em relação à Terra.

O Professor, em classe turística, e o aluno, em primeira classe – na frente do avião, estão separados de 50 m ($\cong 40$ filas de passageiros).

No instante inicial o aluno volta-se para o Professor e liga um apontador laser para o cumprimentar. Quando o Professor recebeu a luz laser, devolveu o cumprimento atirando uma borracha com velocidade $0.02c$ (em relação a ele). Em linha com o

movimento do avião, mas em repouso em relação à Terra, uma águia-real observava estes acontecimentos...

7.a) Qual a distância que os separa no ponto de vista da águia (Terra)?

7.b) Qual a velocidade da borracha no referencial da águia (Terra)?

7.c) Em que instante recebe o Professor a luz laser, no seu referencial? E no referencial da águia?

7.d) Em que instante a borracha chega ao estudante no seu referencial? E no relógio colocado na pata da águia?