

**11ª Série de Problemas**  
**Mecânica e Relatividade**  
**MEFT**

1. A vida média de uma partícula é 100 ns no seu referencial próprio.
  - 1.a) Qual a duração da partícula no laboratório, sabendo que a sua velocidade é de  $0.960c$  ?
  - 1.b) Quanto mede o percurso da partícula no laboratório durante a sua existência?
  - 1.c) Quanto mediria o mesmo percurso se o tempo fosse igual no laboratório e no referencial próprio da partícula, como na Física Clássica.
2. Uma nave espacial tem comprimento  $L=300$  m. A nave espacial relativista move-se da esquerda para a direita com velocidade  $v=0.8c$  relativamente ao espaçoporto (estação espacial). Imagine que o seu comandante está no centro da nave enviando simultaneamente dois feixes de luz, um para cada lado oposto da nave onde actuam um mecanismo de abertura automática de portas.
  - 2.a) Calcule, no referencial da nave, ao fim de quanto tempo abrem as portas da frente e a de trás, situadas nos dois extremos opostos da nave. A abertura das portas é simultânea no ponto de vista do capitão?
  - 2.b) Calcule, no referencial do espaçoporto, ao fim de quanto tempo abrem as portas da frente e a de trás, situadas nos dois extremos opostos da nave. A abertura das portas é simultânea?
3. Um neutrão livre tem um período de semi-vida no seu referencial próprio de 11.0 min. (só no núcleo, com outros neutrões e protões, é que o neutrão é mais estável), desintegrando-se num electrão, num protão e num neutrino (declínio  $\beta^-$ ). Considere um feixe de neutrões produzido numa das muitas reacções de fusão nuclear que ocorrem no Sol.
  - 3.a) Quanto tempo deve decorrer no referencial próprio dos neutrões para que o seu número se reduza a 1% do número inicial? (Lembre-se do declínio radioactivo)
  - 3.b) Suponha que os neutrões se deslocam a uma velocidade média de  $10^6$  m/s (na realidade a velocidade é menor) e considere que a distância Terra-Sol é de  $1.49 \times 10^{11}$  m. Quanto tempo demoraria um neutrão a chegar à Terra, para um observador na Terra?
  - 3.c) A partir dos resultados de a) e de b), diga se há perigo de os neutrões solares atingirem a Terra. (Lembre-se que só pode comparar grandezas medidas no mesmo referencial!).

**4.** Um farol espacial roda em torno do seu eixo com uma velocidade angular constante,  $\omega$ . Qual é a velocidade do ponto iluminado a uma distância  $R$  do farol? Que valores pode assumir? Como explica esse resultado?

**5.** 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.

**5.a)** Qual é a velocidade da nave?

**5.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).

**6.** 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.

**6.a)** Quanto tempo demora o feixe a realizar esse trajecto, para o comandante da nave

**6.b)** No relógio de um dos técnicos da base da Federação, quanto tempo demora o feixe a realizar o seu percurso?

**6.c)** Qual a velocidade do feixe de muões no referencial da base espacial?

7. 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 (Fig.1).

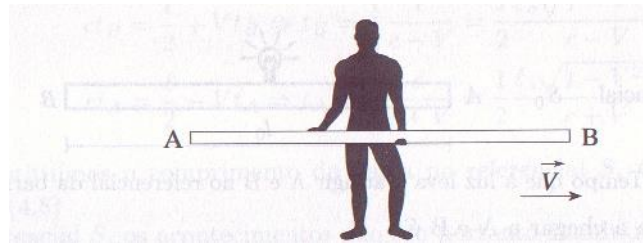


Fig.1

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

- 7.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.
- 7.b) O mesmo, mas no referencial de quem está parado.
- 7.c) Qual deverá ser a velocidade  $V$  para que, no referencial de quem está parado, a tabua tenha um comprimento  $L=L_0/2$ .
- 7.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?
- 7.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.
- 7.f) Qual o intervalo no espaço-tempo entre os dois acontecimentos nos dois referenciais.

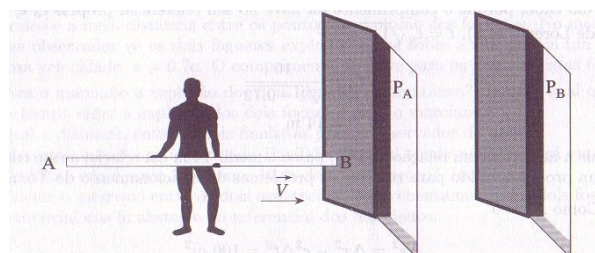


Fig.2

8. Uma barra horizontal de comprimento próprio  $\ell_0=1$  m move-se no laboratório com velocidade  $V=0.9$  c no sentido positivo do eixo dos xx.

8.a) Qual é o comprimento da barra determinado no laboratório?

8.b) Qual é a velocidade da barra relativamente a um segundo observador que se move relativamente ao laboratório também no sentido positivo dos eixo dos xx com velocidade  $u=0.95$  c.

8.c) Qual é o comprimento da barra para este segundo observador?

8.d) Se a barra no seu referencial próprio fizer um ângulo  $\theta_0 = 30^\circ$  com o eixo  $xx'$ , qual é o comprimento da barra no referencial de laboratório?

8.e) Considere agora que a barra horizontal é de vidro. Determine o tempo que um raio de luz demora a ir de uma extremo ao outro de um laboratório de comprimento próprio  $L_0$  sabendo que no seu percurso atravessa a barra de vidro de comprimento próprio  $\ell_0$  que se move à velocidade  $V$  (um raio de luz no referencial próprio da barra de vidro move-se no seu interior à velocidade  $v=c/n$  com  $n$  o índice de refração do vidro,  $n=1.5$ ).

