

**FEP2196 – Física para Engenharia II**  
**Prova P3 – 04/12/2008**

Nome:..... N° USP:.....

Assinatura:..... Turma/Professor:.....

---

**Observações:**

- A prova tem duração de 2 horas.
  - Não é permitido o uso de calculadora.
  - Preencha de forma legível todas as folhas (inclusive esta) com seu nome, número USP e turma, e apresente sua identidade ao assinar a lista de presença.
  - Resolva cada exercício a partir a frente da folha com o mesmo número.
  - Justifique todas as respostas com fórmulas, comentários e cálculos intermediários, não esquecendo das unidades das grandezas físicas.
  - Caso apareça alguma raiz que não seja um quadrado perfeito, deixe indicado (não é necessário aproximar a resposta).
- 

**Formulário**

$$x' = \gamma(v)(x - vt) \quad t' = \gamma(v)\left(t - \frac{v}{c^2}x\right) \quad \gamma(v) = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$x = \gamma(v)(x' + vt') \quad t = \gamma(v)\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right)$$

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{vu_x}{c^2}} \quad u'_y = \frac{1}{\gamma(v)} \frac{u_y}{1 - \frac{vu_x}{c^2}}$$

$$\vec{p} = \gamma(v)m_0\vec{v} \quad E = \gamma(v)m_0c^2$$

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4 \quad \nu' = \sqrt{\frac{1 \mp v/c}{1 \pm v/c}} \nu$$

$$\text{sen}30^\circ = \text{cos}60^\circ = \frac{1}{2} \quad \text{sen}60^\circ = \text{cos}30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{sen}45^\circ = \text{cos}45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

---

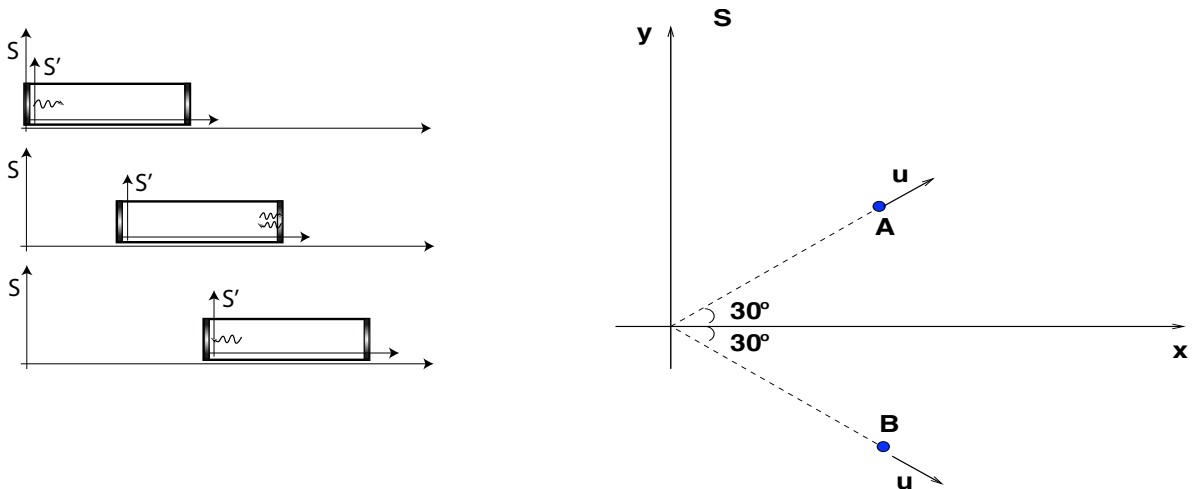


Figura 1: **Painel da esquerda (Q. 1)**: Caixa com espelhos nas extremidades. Os eventos  $A$ ,  $B$  e  $C$  correspondem à emissão do raio de luz no espelho esquerdo, reflexão no espelho direito, e retorno ao espelho esquerdo, respectivamente. **Painel da direita (Q. 4)**: Partículas  $A$  e  $B$  vistas do referencial  $S$ , num instante  $t$ .

## Questão 1

Dois espelhos são colocados nas extremidades de uma caixa de largura própria  $L_0 = 900$  m, como mostra o painel da esquerda da Figura 1. Considere dois observadores: para um deles, o observador  $S$ , essa caixa se move à velocidade  $v = 0,8 c$  para a direita (na direção de  $x$  positivo); o outro observador,  $S'$ , está no referencial próprio da caixa. No instante  $t = t' = 0$  as origens dos sistemas de coordenadas de  $S$  e  $S'$  coincidem e um raio de luz é emitido do espelho esquerdo da caixa (na origem de  $S'$ ), em direção ao espelho direito (evento  $A$ ). Mais tarde, o raio de luz é refletido pelo espelho direito (evento  $B$ ) e, finalmente, o raio de luz retorna ao espelho esquerdo (evento  $C$ ).

Responda:

- Quais as coordenadas  $(t', x')$  no referencial  $S'$ , e  $(t, x)$  no referencial  $S$ , dos eventos  $A$ ,  $B$  e  $C$ ? (0,5)
- No referencial próprio da caixa, quanto tempo demora entre o raio de luz ser emitido ( $A$ ) e retornar ( $C$ ) ao espelho esquerdo? (0,5)
- Para o observador no referencial  $S$ , quanto tempo demora entre o raio de luz ser emitido ( $A$ ) e retornar ( $C$ ) ao espelho esquerdo? (0,5)
- O observador no referencial  $S$  quer medir o comprimento da caixa. Supondo que o observador  $S$  conhece as coordenadas dos eventos  $A$ ,  $B$  e  $C$ , como ele pode fazer para determinar o comprimento da caixa, e que valor ele obtém? (1,0)

## Questão 2

Alfa-Centauru é a estrela mais próxima da Terra, situada a uma distância  $D$  medida no referencial próprio da Terra. Um astronauta parte da Terra em direção a ela com velocidade  $0,6c$ . Considere a estrela em repouso em relação à Terra.

- (a) Para o astronauta, qual foi a distância percorrida? (0,5)
- (b) Para o astronauta, qual foi o tempo da viagem? (0,5)
- (c) Qual a duração da viagem, medida por um observador na Terra? (0,5)
- (d) Se na metade da viagem o astronauta emitisse um sinal de luz em direção à Terra, quanto tempo depois da partida do astronauta esse sinal seria observado na Terra? (0,5)
- (e) Existe algum referencial inercial em que a partida do astronauta da Terra e sua chegada em Alfa-Centauru sejam eventos simultâneos? (0,5)

## Questão 3

Considere um elétron e um pósitron (partícula idêntica ao elétron exceto por sua carga elétrica, que tem mesma magnitude mas sinal oposto), de massas de repouso  $m_0 = 0,51MeV/c^2$  e velocidades de mesma magnitude, tal que  $\gamma = 5/3$ , colidindo de frente segundo um observador no referencial inercial  $S$ . Nesse processo, o elétron e o pósitron se aniquilam, produzindo radiação gamma (fótons).

- (a) Qual o valor das velocidades das partículas segundo o observador em  $S$ ? (0,5)
- (b) É possível que um único fóton seja gerado nesse processo? Ou seja, a reação  $e^- + e^+ \rightarrow \gamma$  pode ocorrer? (0,5)
- (c) É possível que *dois* fótons sejam gerados nesse processo? Ou seja, a reação  $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$  pode ocorrer? (0,5)
- (d) Calcule a energia e o momento linear do(s) fóton(s) gerado(s), no referencial  $S$  (pelo menos um dos processos dos itens anteriores é possível). (0,5)
- (e) Qual a energia cinética total inicial, no referencial de laboratório? Há conservação da energia cinética? (0,5)

## Questão 4

Em um referencial inercial  $S$ , um observador vê duas partículas idênticas ( $A$  e  $B$ ) emergirem da origem, com velocidades iguais em módulo  $u = c\sqrt{3}/3$ , formando ângulos de  $+30^\circ$  e  $-30^\circ$  com o eixo  $x$ , conforme o painel da direita da Figura 1.

- (a) Qual a velocidade do referencial de centro de massa das duas partículas? (0,5)
- (b) Calcule as velocidades de  $A$  e  $B$ , quando observadas no referencial do centro de massa das duas partículas. (1,0)
- (c) Admita que, num determinado instante, a partícula  $A$  emita um sinal luminoso de frequência própria  $\nu_0$ , na direção de um observador localizado no centro de massa. Calcule a frequência  $\nu$  do sinal medida por esse observador. (1,0)