**Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR**
**Departamento Acadêmico de Física - DAF**
Ji-Paraná - RO

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Acadêmico(a):** | | | **RA**: |
| **Curso** | Licenciatura em Física | **Período:** | 2021/2 |
| **Disciplina** | Fis Moderna A | | **Nota da Avaliação:** |
| **Professor** | Quesle da Silva Martins | | $\leq 50\% = 5{,}0$ pontos<br>$\leq 75\% = 8{,}0$ pontos<br>$> 75\% = 10{,}0$ pontos |
| | **Lista II - Fis Moderna A** | | Rúbrica do Professor |

Orientações gerais:

1 - Preencha seu nome e número de registro acadêmico.

2 - A interpretação das questões é parte do processo de avaliação, assim é permitidas consultas ou comunicação entre alunos.

3 - Lista deve apresentar todos os cálculos à caneta e entregue na data da avaliação.

1. O tempo médio de vida de múons estacionários é $2,2000\mu s$. O tempo médio de vida dos múons de alta velocidade produzidos por um certo raio cósmico é $16,000\mu s$ no referencial da Terra. Determine, com cinco algarismos significativos, a velocidade em relação à Terra dos múons produzidos pelo raio cósmico.
   R: Um problema de diltação temporal, ou seja $\Delta t = \gamma \Delta t_0$. $\Delta t_0$ é o tempo (próprio) dos múons.
   $$\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\Delta t_0}{\Delta t}$$
   ou
   $$\beta = \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta t_0}{\Delta t}\right)^2}$$
   Logo,
   $$v = 0,99050c$$

2. Determine, com oito algarismos significativos, qual deve ser o parâmetro de velocidade para que o fator de Lorentz ($\gamma$) seja (a) 1,010 000 0; (b) 10,000 000; (c) 100,000 00; (d) 1000,000 0.
   R: O parâmentro de velocidade é $\beta$
   Portanto temos que fazer
   $$\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}}$$
   Substitua o valor de Lorentz.

3. Uma partícula instável de alta energia, entra em um detector e deixa um rastro com 1,05$mm$ de comprimento, viajando a uma velocidade de 0,992$c$ antes de decair. Qual o tempo de vida próprio da partícula? Ou seja, quanto levaria para a partícula decair se estivesse rem repouso em relação ao detector?
   R: Lembre -se
   $$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$
   ou seja,
   $$\Delta t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$
   faça $t = d/0,992c$ logo teremos,
   $$\Delta t_0 = \left(\frac{d}{0,992c}\right)\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

4. No livro e no filme *O Planeta dos Macacos*, astronautas em hibernação viajam para o futuro distante, uma época em que a civilização humana foi substituída por uma civilização de macacos. Considerando apenas a relatividade restrita, determine quantos anos os astronautas viajaram, no referencial da Terra, se dormissem durante 120 anos, de acordo com o referencial da espaçonave, enquanto viajavam com uma velocidade de 0,9990$c$, primeiro para longe da Terra e depois de volta para nosso planeta.
   R: Um problema de diltação temporal, portanto devemos ter mente

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

   em seguida teremos,

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-(\beta)^2}}$$

$$\Delta t \approx 2,68 \times 10^3 anos$$

5. *De volta para o futuro.* Suponha que um astronauta é 20 anos mais velho que a filha. Depois de passar 4,000 anos (no seu referencial) viajando pelo universo com velocidade constante, em uma viagem de ida e volta, descobre, ao chegar à Terra, que está 20 anos mais moço que a filha. Determine o parâmetro de velocidade $\beta$ da nave do astronauta em relação à Terra.
   R: Mais um problema de diltação temporal, ou seja

$$\Delta t_{filha} = \gamma \Delta t_{0pai}$$

   Podemos pensar no problema acrescetando,

$$T_i = t_{if} + 20,00 anos$$

   para caso da saída, e

$$T_f = t_{ff} - 20,00 anos$$

   para caso da volta,

   Onde $T$ = tempo do pai e $t$ = tempo da filha,

   Logo, teremos que

$$T_f - T_i = \gamma(4,000)$$
$$\gamma = 11$$

   Agora é só achar o valor de $\beta$

$$\beta = \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}}$$

6. Um experimentador dispara simultaneamente duas lâmpadas de flash, produzindo um grande clarão na origem do seu referencial e um pequeno clarão no ponto $x = 30km$. Um observador que está se movendo com uma velocidade de 0,250$c$ no sentido positivo do eixo $x$ também observa os clarões. (a) Qual é o intervalo de tempo entre os dois clarões, de acordo com o observador? (b) De acordo com o observador, qual dos dois clarões ocorreu primeiro?
   :R A transformação de Lorentz deve ser usada. As transformadas para $t_s$ o tempo e $x_s$ e coordenada do pequeno flash, medida no referencial S (do experimentador), assim, $t'_s$ é o tempo medido em $S'$ do pequeno flahs, e dado por

$$t'_s = \gamma\left(t_s - \frac{v}{c^2}x_s\right)$$

Temos que $t_b$ é o tempo e $x_b$ coordenada do flash maior, no referêncial S. Portanto, no referencial $S'$ (do observador), o tempo de flash maior medido será dado por

$$t'_b = \gamma\left(t_b - \frac{v}{c^2}x_b\right)$$

Sabemos que (*gamma* valor comum) é

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(0,250)^2} = 1,0328}$$

Assim,

a) O intervalo de tempo medido no referencial $S'$ pode ser dado por $\Delta t'$,

$$\Delta t' = t'_b - t'_s$$

logo,

$$\Delta t' = \frac{\gamma\beta}{c}(x_s - x_b)$$

$$\Delta t' \approx 2,58 \times 10^{-5}s$$

b) considerando que $\Delta t'$ é negativo, e considerando o sentido de deslocamento do obersador, temos que o flash menor ocorreu primeiro.

7. Para um certo observador $S$, um evento aconteceu no eixo $x$ do seu referencial nas coordenadas $x = 3,00 \times 10^8 m$, $t = 2,50s$. O observador $S'$ e seu referencial estão se movendo no sentido positivo do eixo $x$ com uma velocidade de 0,400$c$. Além disso, $x = x' = 0$ no instante $t = t' = 0$. Determine as coordenadas (a) espacial e (b) temporal do evento no referencial de $S'$. Quais seriam as coordenadas (c) espacial e (d) temporal do evento no referencial de $S'$ se o observador $S'$ estivesse se movendo com a mesma velocidade no sentido *negativo* do eixo $x$?
R: A medida das coordenadas (em $S'$) pode ser dada por

$$x' = \gamma(x - vt)$$

onde

$$v = 0,400c = 1,199 \times 10^8 m/s$$

logo, a) a posição da coordenada em $S'$ é

$$x' = \frac{3,00 \times 10^8 - (1,199 \times 10^8)(2,50)}{\sqrt{1-(0,400)^2}} \approx 2,7 \times 10^5 m$$

b) a medida de tempo em $S'$ é dada por

$$t' = \gamma\left(t - \frac{cx}{c^2}\right)$$

$$t' = \frac{2,50 - (0,400)(3,00 \times 10^8)/(2,998 \times 10^8)}{\sqrt{1-(0,400)^2}} \approx 2,29s$$

Para responder c) e d) devemos ter que o sentido do movimento muda e nesse caso, as equações de Lorentz serão,

$$x' = \gamma(x + vt)$$

e

$$t' = \gamma\left(t + \frac{cx}{c^2}\right)$$

respectivamente, Logo c)

$$x' = 6,54 \times 10^8 m$$

e d)

$$t' = 3,16 s$$

Obs: Em a) o resultado númericamente está correto, mas é válido dizer que para o problema $x' = 0$. Uma vez que os dados mostrados indicam que o sistema $S'$ parece estar "na origem"devido a ordem de grandeza do problema!!!

8. Determine o trabalho necessário para aumentar a velocidade de um elétron (a) de $0,18c$ para $0,19c$ e (b) de $0,98c$ para $0,99c$. Observe que o aumento de velocidade é o mesmo $(0,01c)$ nos dois casos.
   R: Considere que a energia cinética relativística é dada por

$$K = m_e c^2 (\gamma - 1)$$

,

devemos lembrar que pelo teorema Trabalho-energia, temos

$$W = \Delta K$$

, Assim, podemos supor que o trabalho necessário para aumentar a energia do elétron pode ser dado por

$$W = m_e c^2 (\gamma_f - \gamma_i)$$

Portanto a) é

$$W = \Delta K = m_e c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - (0,19)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - (0,18)^2}} \right) \approx 0,996 \times 10^3 eV$$

e b)

$$W = \Delta K = m_e c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - (0,99)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - (0,98)^2}} \right) \approx 1,055 \times 10^6 eV$$

Este resultado nos mostra o como é díficil tentar acelerar uma partícula quando seu velocidade é muito próxima da velocidade da luz.

9. Qual deve ser o momento de uma partícula de massa $m$ para que a energia total da partícula seja 3,0 vezes maior que a energia de repouso?
   R: Devemos saber que a energia de uma partícula relativística é dada por

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

Logo,

$$(3,00.mc^2)^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

ou

$$(pc)^2 = 9,00(mc^2)^2 - (mc^2)^2$$
$$(pc) = \sqrt{9,00(mc^2) - (mc^2)}$$
$$p = \sqrt{8,00}(mc) \approx 2,83mc$$

10. A massa de um elétron é $9,10938188 \times 10^{-31} Kg$. Determine, com seis algarismos significativos, (a) o valor de $\gamma$ e (b) o valor de $\beta$ para um elétron com uma energia cinética $K = 100,000 MeV$.

Podemos lembrar que

$$K = m_e c^2 (\gamma - 1)$$

assim,

$$\gamma = \frac{K}{m_e c^2} + 1$$

ou

$$\gamma = \frac{100,000 MeV}{(0,5109989 MeV} + 1 \approx 195,695137$$

Logo,

$$\beta = \sqrt{1 - \gamma^{-1}} \approx 0,999987$$