

## Repertido 3

### Dinámica relativista – Equivalencia entre masa y energía

1. a) Usando que la masa en reposo del electrón es  $m_e = 9,109 \times 10^{-31}$  kg, calcule la energía en reposo del mismo. Expresé el resultado en joules (J) y en electrón-volts (eV).

b) La masa en reposo de un mesón  $\mu$  es de  $207m_e$  y su tiempo de vida medio en reposo es de  $2 \times 10^{-6}$  s. ¿Cuál es la masa de un mesón  $\mu$  si su tiempo de vida medio medido en el laboratorio es de  $7 \times 10^{-6}$  s?

2. a) ¿A qué velocidad la energía cinética de una partícula es igual a su energía en reposo?

b) ¿A través de qué diferencia de potencial habría que acelerar a un electrón desde el reposo para que alcanzara la velocidad de la luz, según la mecánica clásica?

c) ¿Cuál es la velocidad de un electrón que, partiendo del reposo, es acelerado a través de la diferencia de potencial de b), según la mecánica relativista?

3. Considere una caja en reposo en el sistema S, de caras perpendiculares a los ejes coordenados y dimensiones  $a$ ,  $b$  y  $c$ . Su masa en reposo es  $m_0$  y su densidad en reposo es:  $\rho_0 = \frac{m_0}{abc}$ . ¿Cuál es la densidad de la caja medida en S'?

4. Una partícula tiene una energía de 5 GeV en un cierto sistema de referencia y una cantidad de movimiento de  $3 \text{ GeV}/c$ .

a) ¿Cuál es la energía en el sistema de referencia donde la cantidad de movimiento es de  $4 \text{ GeV}/c$ ?

b) ¿Cuál es la masa en reposo?

c) ¿Cuál es la velocidad relativa entre ambos sistemas de referencia?

5. Dos cuerpos idénticos, cada uno de ellos con masa en reposo  $m_0$ , se aproximan el uno al otro con velocidades iguales  $u$ . Los cuerpos realizan un choque perfectamente inelástico y quedan unidos después del mismo.

a) Calcule la masa en reposo del cuerpo compuesto.

b) Lo mismo, pero para un observador que se encuentra en reposo respecto a uno de los cuerpos iniciales.

6. Una partícula de masa  $M$  se desintegra emitiendo dos partículas idénticas, cada una con masa  $m = 0,4M$ . En el *referencial del centro de masas* (CM) donde la partícula inicial se hallaba en reposo, las dos partículas son emitidas en sentidos opuestos a lo largo del eje  $Oy$ .

a) Calcule las velocidades de ambas partículas en el CM.

Sabiendo ahora que la partícula inicial se movía en el laboratorio (referencial  $S_{LAB}$ ) con velocidad  $v = 0,8c$  en la dirección del eje  $x$ , calcule:

b) La masa relativista de las partículas emitidas en  $S_{LAB}$ .

c) El ángulo que forman las trayectorias de las dos partículas en el laboratorio.

7. Se quiere producir una partícula de masa  $M_0$  haciendo colisionar dos protones, de masa  $m_0$ . a) Si se dispara uno de los protones con energía cinética  $K$  contra el otro en reposo, muestre que se obtiene:

$$M_0 = 2m_0 \sqrt{1 + \frac{K}{2m_0 c^2}}$$

b) Si ahora son disparados uno contra el otro con energía cinética  $K$  cada uno, muestre que:

$$M_0 = 2m_0 \left( 1 + \frac{K}{2m_0 c^2} \right)$$

8. Muestre que, según la dinámica relativista, aunque  $\mathbf{F}$  y  $\mathbf{a}$  no sean en general paralelas siempre forman un ángulo menor que  $90^\circ$ .

9. Halle la expresión para la velocidad relativista de una partícula de carga  $q$ , que se mueve en un círculo de radio  $R$  y en ángulo recto con un campo magnético  $B$ .

10. Una partícula de carga  $q$  y masa en reposo  $m_0$  parte del reposo en  $x = 0$  y es acelerada por un campo eléctrico  $\mathbf{E}$  uniforme.

a) Si  $u$  es la velocidad en cualquier instante, muestre que su aceleración es:

$$a = \frac{qE}{m_0} (1 - u^2/c^2)^{3/2}$$

b) Integrando esta ecuación, muestre que la velocidad y la posición en función del tiempo son:

$$u = \frac{qE}{m_0} \frac{t}{\sqrt{1 + (qE/m_0 c)^2 t^2}} \quad \text{y} \quad x = \frac{m_0 c^2}{qE} \left[ \sqrt{1 + (qE/m_0 c)^2 t^2} - 1 \right]$$

c) Observe lo que sucede cuando  $t \rightarrow \infty$ . ¿Cómo se recupera el límite clásico?

**11.** La energía liberada por la fisión de un núcleo de Uranio 235 es de aproximadamente 200 MeV.

a) Calcule la fracción de la masa del  $^{235}\text{U}$  que es transformada en energía (la masa del  $^{235}\text{U}$  es 235.044 u, donde la unidad de masa atómica  $u = 1,66054 \cdot 10^{-27}$  kg).

b) Calcule la masa de  $^{235}\text{U}$  utilizada por año por un reactor nuclear que produce 1GW de potencia, suponiendo que la eficiencia térmica del mismo es de 30%.