

## TALLER 3 - ELECTROMAGNETISMO II (FISI-3434) - 2015-10

PROFESOR: JAIME FORERO

FEBRERO 7, 2015

Los libros de referencia de donde tomé estos problemas son:

- *Relatividad Especial (problemas selectos)* de Juan Manuel Tejeiro, editado por la Universidad Nacional de Colombia.
- *A guide to physics problems* de Sideney B. Cahn y Boris E. Nadgorny publicado por Kluwer Academic Publishers.

La solución a estos problemas va a ser evaluada (en el tablero) en clase el jueves 12 y martes 17 de febrero.

1. Una partícula de masa en reposo  $m_0$  tiene una energía total  $E$  y un momento  $\vec{p}$  medido por un observador inercial  $\Sigma$ . Un segundo sistema de referencia  $\Sigma'$  se mueve con velocidad  $v$  en la dirección del eje  $x$  positivo respecto a  $\Sigma$ . Elegiendo  $t = t' = 0$  cuando los ejes de los dos sistemas coinciden, encuentre la energía total  $E'$ , el momentum  $\vec{p}'$  y la energía cinética  $K'$  medidos en el sistema  $\Sigma'$  términos de las cantidades  $E$ ,  $\vec{p}$  y  $K$  medidas por el observador  $\Sigma$ .
2. En un experimento de colisión de dos partículas ( $\alpha$  y  $\alpha$ ) emergen las dos partículas iniciales más una nueva partícula  $\delta$ .

$$\alpha + \alpha \rightarrow \alpha + \alpha + \delta.$$

Para que la creación de la partícula  $\delta$  sea posible es necesario que exista una cantidad de energía disponible para dar cuenta, al menos, de su energía en reposo.

Hay dos formas de hacer esa reacción. En la primera una partícula  $\alpha$  tiene una energía propia  $E_0$  y se acelera hasta alcanzar una energía total  $E_1$  para hacerla chocar contra la otra partícula  $\alpha$  que se encuentra en reposo. En la segunda forma las dos partículas se aceleran cada una hasta tener una energía final  $E_2$  y se hacen colisionar frontalmente. En ambos casos se puede hacer que la energía total del sistema sea igual  $E = E_1 = 2E_2$ , sin embargo las energías disponibles son diferentes. Calcule la energía disponible  $E_D$  para cada experimento.

3. Demuestre que los siguientes procesos de colisión son prohibidos:
  - Un protón en reposo emite un fotón y retrocede.
  - Un fotón de desintegra en un par electrón-positrón.
  - Un par electrón-positrón se aniquila dando lugar a un fotón.
4. Un átomo en su estado de energía más baja tiene una masa  $m$ . Inicialmente en reposo es excitado a un estado con energía  $\Delta E$ . Luego de esto hace una transición a su estado base emitiendo un fotón de esta misma energía  $\Delta E$ . Encuentre la frecuencia del fotón tomando en cuenta el retroceso relativista del átomo por conservación del 4-momento. Expresé su respuesta en términos de la masa  $M$  del átomo excitado.
5. Un electrón  $e^-$  y un positrón  $e^+$ , cada uno de masa en reposo  $m_e$  se encuentran unidos con una energía de ligadura  $E_b$  formando positronio. Estando en esta configuración se aniquilan formando dos fotones. Calcule la energía, momentum y frecuencia de los fotones.

6. Ahora el positronio del caso anterior se mueve a una velocidad  $\vec{v}$  alejándose de un observador en un sistema  $\Sigma$  antes de aniquilarse. Encuentre la frecuencia  $\omega$  de los dos fotones medida en el sistema  $\Sigma$  en términos de la frecuencia  $\omega_0$  medida en el sistema en reposo del positronio.
7. Una diferencia entre mecánica clásica y relatividad es la existencia de un efecto Doppler transversal en relatividad cuando la luz se propaga de manera perpendicular a la fuente en el marco de referencia del observador. Calcule para este caso la frecuencia del fotón  $\omega'$  en término de la frecuencia  $\omega$  en su sistema de reposo.
8. Un fotón de energía  $Q_i$  choca contra un átomo de hidrógeno en reposo que se encuentra en su primer estado excitado. Después de la colisión el átomo pasa a su estado base y el fotón se dispersa con la misma energía retrocediendo (i.e. se refleja contra el átomo).
  - ¿Este tipo de colisión es elástica o inelástica?
  - ¿Cuál es la velocidad del átomo después de la colisión?
  - ¿Cuál es la energía  $Q_i$  del fotón incidente?