

01 Febrero 2016

Introducción a Partículas y Física Nuclear

Guía 01

1er semestre 2016

1. Demuestre:

- a) que el efecto fotoeléctrico no puede existir para electrones libres; y
- b) que un electrón libre no puede absorber un fotón (y por lo tanto debe existir la dispersión (*scattering*) de Compton con electrones libres).

2. En el proceso de creación de pares electrón-positrón:

- a) a partir de la conservación de la energía y la cantidad de movimiento, demuestre que este efecto no puede ocurrir en el vacío;
- b) determinar la máxima longitud de onda que puede tener un fotón para que pueda decaer en un par electrón-positrón; y
- c) demostrar que la energía umbral para producción de pares es de $2mc^2$ y para producción de tripletes es $4mc^2$.

3. Dispersión de Compton:

- a) Deduzca la ecuación de Compton $\lambda' - \lambda = (h/m_0c)(1 - \cos \theta)$.
- b) Un fotón es dispersado por un electrón por efecto Compton. Un observador afirma haber registrado un fotón dispersado a un ángulo de 90° que luego decayó en un par electrón-positrón. Si esto es posible ¿qué longitud de onda tenía el fotón incidente?. Si no es posible, explique por qué.
- c) ¿Existe un ángulo máximo, mas allá del cuál un fotón dispersado por efecto Compton no puede decaer en un par electrón-positrón? Explique.

4. Una partícula con masa m_1 y energía E_1 colisiona frontalmente con otra inicialmente en reposo de masa m_2 .

- a) Mostrar que la energía total en el sistema centro de masa (aquel en el que el impulso lineal total es nulo) es $E_{CM}^2 = m_1^2 + m_2^2 + 2m_2E_1$.
- b) Calcular E_{CM} para el caso en que ambas partículas se mueven en direcciones opuestas, con momento lineal \vec{p}_1 y \vec{p}_2 .
- c) Mostrar que si su energía es grande comparada con la energía en reposo, $E_{CM}^2 \approx 4E_1E_2$.
- d) Verificar que si la colisión no es frontal el resultado se reduce por un factor $(1 + \cos \theta)/2$, siendo θ el ángulo entre los haces.
- e) El Large Hadron Collider (CERN) es un colisionador de protones con una energía máxima de centro de masa de 14 TeV. Para obtener la misma energía de centro de masa en un acelerador que bombardeara un blanco fijo, ¿qué energía habría que darle a los protones?

5. (*) ¿Cuál es la distancia recorrida por un muón con energías de 1 GeV y 10 GeV? Un cálculo similar muestra cómo los muones producidos por los rayos cósmicos en la atmósfera, dependiendo de su energía, pueden medirse en la superficie terrestre. (Puede hallar la vida media del muón en el PDG.)

6. Calcular la energía cinética del muón producto del decaimiento de un pión en reposo $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ (suponer que el neutrino tiene masa nula).

7. (*) A partir de cierto umbral de energía, los protones no pueden propagarse libremente por el universo pues al colisionar con fotones del fondo de radiación cósmica puede producirse la reacción $p + \gamma_{CMBR} \rightarrow p + \pi^0$ (efecto conocido bajo el nombre de "supresión de GZK"). Calcular el umbral

de energía, aproximando que los fotones de la radiación cósmica tienen la energía correspondiente al pico del espectro de cuerpo negro a $T = 2.7$ K. Estimar el camino libre medio de los protones con esa energía si la sección eficaz del proceso es aproximadamente 0,1 mbarn, y hay 420 fotones en cada cm^3 del universo.

8. El quark top fue descubierto en Tevatron en el año 1994. Utilizando el canal de decaimiento $t \rightarrow bW^+ \rightarrow bu\bar{d}$ es posible medir m_t . Busque en una tabla el ancho de decaimiento del W y calcule su vida media. Verifique, estimando la distancia recorrida por el W , que no es posible medir el estado intermedio en el decaimiento de un t en reposo, sin embargo sí se puede medir la masa del W en este proceso.
9. Explicar los significados de: bosón, fermión, hadrón, leptón, barión, mesón. Dar un ejemplo de cada uno. ¿Cuáles términos caracterizan al fotón y cuáles no?
10. No hay mesones conocidos con carga 2. Dar una explicación simple, usando el modelo de quarks, para este resultado experimental.
11. El rango de la interacción nuclear fuerte es $a \simeq 1,2$ fm. Mediante análisis dimensional estime la masa del π usando este dato.
12. Utilizando la conservación de E, Q, B, L, S , diga si son posible o no las siguientes reacciones e indique las interacciones involucradas. Indique la energía umbral de las partículas iniciales.

$$(a) \nu_\mu + n \longrightarrow e^- + p; \quad (b) \tau^- \longrightarrow e^- + \bar{\nu}_e; \quad (c) p + p \longrightarrow \Sigma^+ + n + K^0 + \pi^+ + \pi^0$$