

Estructura de la Materia 4 (Segundo Cuatrimestre de 2006)

Práctica 1: Cinemática relativista en la Física de Partículas

Problema 1: Mostrar que en una desintegración de un cuerpo en el estado inicial a dos cuerpos en el estado final, i.e. $A \rightarrow BC$, las energías de las partículas B y C están cinemáticamente determinadas en función del cuadrimomento de la partícula incidente A . Empleando esta digresión, calcule el impulso del muón en la desintegración $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$, suponiendo que el pión se encuentra inicialmente en reposo, y asumiendo que conoce las masas de estas partículas por supuesto. ¿Qué distancia recorrería este muón en el vacío (en promedio) antes de desintegrarse éste? Para esto, puede asumir el conocimiento de su vida media τ en el sistema de laboratorio.

Problema 2: Discuta la cinemática del decaimiento del neutrón que llevó a suponer la existencia del neutrino. Es decir, la cinemática de un proceso en el cual al neutrón se lo ve decaer en un electrón y un protón como parte del estado de salida.

Problema 3: Calcule la velocidad a la que uno debería ver el par de dos partículas cargadas eléctricamente que viajan paralelas entre ellas a una distancia r para que la atracción magnética entre ellas compense a la eléctrica.

Problema 4: Los primeros antiprotones fueron creados en el Bevatron (Berkeley) en la reacción $pp \rightarrow ppp\bar{p}$. En tal caso se utilizó un haz de protones de energía E que colisiona con un blanco fijo de protones. Se pregunta:

- ¿Cuál sería la energía mínima necesaria (umbral) E para producir dicho antiprotón?
- ¿Cómo cambiaría la situación en caso de colisionar **dos** haces de protones en lugar de utilizar un blanco fijo?

(Nota histórica: los primeros antiprotones fueron descubiertos cuando el acelerador alcanzó la energía cercana a los 6 GeV).

Problema 5: Muestre que el proceso $e^+e^- \rightarrow \gamma$ está cinemáticamente prohibido para $m_\gamma = 0$. Se pregunta:

- ¿De qué forma podría ser posible dicha desintegración de pares dando origen a sólo fotones?

b) ¿Qué ocurriría si el fotón tuviese una masa distinta de cero?

Problema 6: Considere el proceso elástico $\bar{\nu}_\mu + e^- \rightarrow \bar{\nu}_\mu + e^-$. Demuestre que en el sistema del laboratorio donde el electrón se encuentra originalmente en reposo el ángulo de emisión θ del electrón respecto del antineutrino incidente está dado por

$$\sin^2 \theta = \frac{2m}{T + 2m} \left(1 - \frac{T}{E_\nu} - \frac{mT}{2E_\nu^2} \right),$$

donde m es la masa del electrón, E_ν la energía del antineutrino incidente y $T = E - m$ la energía cinética del electrón saliente.

Problema 7: Suponiendo que el núcleo es el origen de un campo nuclear cuya ecuación de campos es

$$(\square + m^2) \Phi(t, x, y, z) = g \delta(x)\delta(y)\delta(z)$$

con

$$\square = \nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial t^2}$$

y sabiendo que las fuerzas nucleares se manifiestan substancialmente a fuerzas no mucho mayores a 1fm, se pide que

a) Calcule el análogo a la interacción de Coulomb. Es decir, la función de Green de la ecuación escrita arriba. ¿Cómo manifiesta ésta el carácter de "fuerza de corto alcance"? Este es el llamado "potencial de Yukawa".

b) Discuta esta interacción desde el punto de vista de su transformada de Fourier que, cuando la interpretación en términos de partículas mediadoras sea presentada, corresponderá al representación de momentos de éstas.

c) Estime aproximadamente el orden de magnitud de la masa correspondiente al pión, que se supone el mediador de dicha interacción.