

Física de Partículas Elementales (G71)

4 Curso - Grado de Física - Doble Grado Física Matemáticas - Segundo Bloque - Final

Cuestión 1. Un haz de electrones y otro de positrones ambos no polarizados colisionan en el sistema centro de masas con una energía $\sqrt{s} = 5 \text{ GeV}$ dando lugar a pares de muon-antimuon. ¿Cuál sería el momento de los muones resultantes?. **(0.25 puntos)**. Con la información dada, ¿sería posible estimar la proyección del momento del muon en la dirección inicial de los electrones?. Razona tu respuesta. **(0.25 puntos)**. En las condiciones dadas, ¿cuál sería el cociente entre el número de muones detectados en la dirección inicial de los electrones ($\theta = 0$) y en la dirección $\theta = \pi$. **(0.5 puntos)**. Supongamos ahora que los electrones incidentes han pasado por un polarizador que sólo deja pasar electrones Left-Handed y que los muones resultantes se hacen pasar por un polarizador que sólo deja pasar muones Right-Handed. ¿Cuál sería en este caso el cociente entre el número de muones detectados en $\theta = 0$ y $\theta = \pi$?. **(0.5 puntos)**. ¿Cambiaría este último cociente si el experimento se realizase a $\sqrt{s} = 90 \text{ GeV}$? Razona tu respuesta. **(0.5 puntos)**. $m(\mu) = 106 \text{ MeV}$.

Cuestión 2. Describe el concepto de quiralidad. **(0.5 Puntos)**. Explica razonadamente la relación que existe entre el concepto de quiralidad y la violación de Paridad que aparece en la fuerza débil. **(0.5 Puntos)**. Demuestra, usando únicamente la relación $\gamma^\mu, \gamma^\nu = 2g^{\mu\nu}$, que $\gamma^5, \gamma^\mu = 0$. **(0.5 puntos)**. Deriva la forma de un espinor de partícula, autoestado del operador quiralidad con quiralidad Left-Handed. Razona tu respuesta. **(0.5 puntos)**.

Cuestión 3. Madame Wu diseñó un experimento en el que un núcleo de cobalto decae en un núcleo de níquel, un electrón y un antineutrino: $Co \rightarrow Ni + e^- + \bar{\nu}_e$ en presencia de un campo magnético. El diagrama ?? muestra un esquema de este proceso para dos situaciones en las que el campo magnético está alineado (derecha) o antialineado (izquierda) con el eje Z. En ambos casos el spin del cobalto y del níquel se alinea siguiendo el campo magnético. Puesto que el níquel tiene una unidad menos de spin que el cobalto, el electrón y el anti-neutrino tendrán que compensar la pérdida de spin tal y como se indica en el diagrama. Asigna y calcula los espinores de Dirac autoestados de la helicidad ?? a cada uno de los electrones y anti-neutrinos en el diagrama, en función del momento p y las masas (asume $\phi = 0$). **(0.5 Puntos)**. Asumiendo que la masa del neutrino es exactamente 0, uno de los diagramas tiene una probabilidad de ocurrir igual a 0. Indica cuál y explica por qué en relación al elemento de matriz asociado a la fuerza débil mediada por un bosón W. **(0.5 Puntos)**. Usando los espinores de Dirac y los operadores de proyección quiral demuestra lo mismo matemáticamente. **(1 Punto)**.

Cuestión 4. ¿Qué es el isospin débil? **(0.5 puntos)**. ¿Cómo se relaciona el isospin débil con el hecho de que la fuerza débil tenga 3 bosones propagadores de fuerza? **(0.5 puntos)**. La fuerza débil viola la paridad porque sus cuadracorrientes son proporcionales a $g_V \gamma^\mu + g_A \gamma^\mu \gamma^5$ con g_V y g_A constantes. ¿Por qué decimos que la violación de paridad obtenida cuando $g_V = 1$ y $g_A = -1$ es máxima? Pista: La cantidad de violación de paridad viene dada por $\frac{g_A g_V}{(g_A^2 + g_V^2)}$?. **(0.5 Puntos)**. ¿Qué diferencia hay entre el boson gauge W^3 y el bosón Z?. **(0.5 puntos)**.

Cuestión 5. ¿Qué entendemos por el proceso de hadronización de un quark?. **(0.5 puntos)**. ¿Cómo expli-

ca la teoría de la fuerza fuerte el hecho de que no se hayan observado mesones formados por dos quarks? (No hace falta demostrarlo matemáticamente). **(0.5 puntos)**. Un quark y un antiquark se aniquilan dando lugar a otro quark y antiquark en un proceso mediado por la fuerza fuerte. Dibuja el diagrama de Feynman asociado indicando los nombres y cargas de las partículas asociadas. **(0.5 puntos)**. Suponiendo que los quarks entrantes y salientes tienen color i , k y j , l respectivamente: ¿Qué forma tendría la expresión del matrix element? Explica las diferencias con respecto al mismo proceso pero mediado por la fuerza electromagnética. **(0.5 puntos)**.

$$\begin{array}{c|c}
 u_{\uparrow} = N \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m} e^{i\phi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix} & u_{\downarrow} = N \begin{pmatrix} -\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ -\frac{|\vec{p}|}{E+m} e^{i\phi} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix} \\
 \hline
 v_{\uparrow} = N \begin{pmatrix} \frac{|\vec{p}|}{E+m} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ -\frac{|\vec{p}|}{E+m} e^{i\phi} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ -\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix} & v_{\downarrow} = N \begin{pmatrix} \frac{|\vec{p}|}{E+m} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m} e^{i\phi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Figura 0.1: Espinores solución a la ecuación de Dirac y autoestados del operador helicidad.

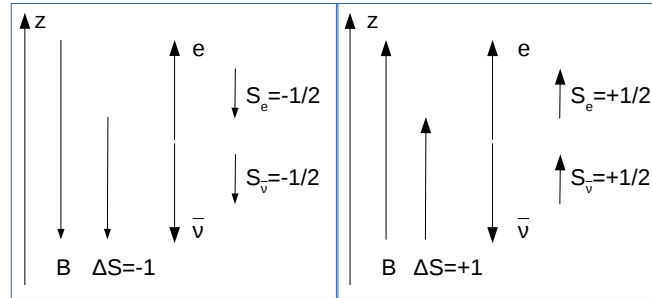


Figura 0.2: Visión esquemática del experimento de Madame Wu para dos configuraciones opuestas de campo magnético.