

Estructura de la materia IV

2<sup>do</sup> cuatrimestre 2008

Primer Parcial (10/10/2008)

1. (3p) En el acelerador LHC, en Suiza, colisionarán dos haces de protones enfrentados con una energía de 7 TeV cada haz. O sea, cada protón en el haz tiene esa energía. Como el protón no es una partícula fundamental y la energía es muy alta, en realidad lo que va a colisionar es sólo un constituyente (quarks o gluones) de cada protón. Se puede considerar para este problema que cada quark interactúa llevando un sexto del momento del protón.

En el LHC se va a buscar crear el Higgs, que para nuestro problema sólo nos interesa saber que es una partícula de masa  $m = 0.140 \text{ TeV}$  y vida media  $\tau = 10^{-12} \text{ seg.}$  (Estos números los estoy inventando para el problema, la masa del Higgs no se sabe!)

- (a) (1p) Muestre que, usando las hipótesis de este problema, a partir de la colisión de un quark de un protón con un quark de otro protón no puede surgir como único resultado un Higgs.
- (b) (1p) Muestre que de la colisión del punto anterior sí pueden surgir como único resultado un par de Higgs. Determine, en este caso, con qué energía y qué factor relativista  $\gamma$  surge cada Higgs. ( $\gamma = 1/\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ )
- (c) (1p) Calcule qué longitud recorrerán estos Higgs en el sistema del LHC.
2. (4p) Utilizando el modelo de quarks en los bariones:
- (a) (1.5p) Sabiendo que la función de onda del neutrón tiene isospín total  $I = 1/2$  y proyección sobre el eje 3  $I_3 = -1/2$ , utilizando una tabla de Clebsch-Gordan deduzca la función de onda espín x sabor en alguna proyección de espín. Justifique y discuta la simetría que buscó para esta función de onda.
- (b) (1.25p) Determine el momento magnético del neutrón.
- (c) (1.25p) Ahora, entre los bariones de espín 3/2 hay algunos que no poseen carga eléctrica, diga cuáles (basta con decir su composición). ¿Tiene alguno de estos bariones su momento magnético igual a  $-\frac{1}{3}\mu_{neutron}$ ? Si su respuesta es afirmativa, diga cuál es su función de onda sabor x espín..

*Nota: cuando calcule las relaciones de los momentos magnéticos utilice que  $m_u \approx m_d \approx 360 \text{ MeV}$  y  $m_s \approx 540 \text{ MeV}$ . Cuando sólo calcule un momento magnético, lo puede dejar expresado en función de los momentos magnéticos de los quarks.*

3. (3p) En el mundo macroscópico estamos acostumbrado a que las leyes de la física sean invariantes ante el operador  $\mathcal{P}$  de inversión espacial. P.ej.  $\mathcal{P}f(\vec{x}) = f(-\vec{x})$ . Sin embargo, al considerar el espacio interno de los fermiones no es tan obvio que esto siga valiendo.
- (a) (1.5p) Muestre que la teoría de Dirac no es invariante ante la inversión espacial tal como la conocemos macroscópicamente.
- (b) (1.5p) Halle cómo se debe modificar el operador  $\mathcal{P}$  para que la teoría de Dirac sí sea invariante ante este nuevo operador y que, a la vez, coincida con el operador usual  $\mathcal{P}$  en el espacio cuatridimensional usual.

## Algunas fórmulas y ayudas

**Ecuación de Dirac:**

$$(i\partial_\mu\gamma^\mu - m)\psi(x) = 0 \quad (1)$$

**La representación de Dirac** viene dada por

$$\gamma^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \gamma^i = \begin{pmatrix} 0 & \sigma^i \\ -\sigma^i & 0 \end{pmatrix} \quad \gamma^5 = i\gamma^0\gamma^1\gamma^2\gamma^3. \quad (2)$$

Donde  $\sigma^i$  son las matrices de Pauli,

$$\sigma^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma^2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma^3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

**Producto directo de tres representaciones fundamentales de los grupos  $SU(2)$  y  $SU(3)$ :**

$$\begin{aligned} SU(2) : & \quad 2 \otimes 2 \otimes 2 = 4_S \oplus 2_{M_S} \oplus 2_{M_A} \\ SU(3) : & \quad 3 \otimes 3 \otimes 3 = 10_S \oplus 8_{M_S} \oplus 8_{M_A} \oplus 1_A \end{aligned} \quad (4)$$

**Momento magnético de un fermión:** un fermión de carga  $q$  y masa  $m$  posee un momento magnético

$$\mu = \frac{q}{2m} \quad (5)$$

---

*Nota: Tiene 3 : 00 h.s. para resolver el examen. En cada ítem de cada ejercicio, una justificación y un razonamiento correctos dan la mitad de los puntos, y un resultado correcto da la otra mitad. Se aprueba con 6 puntos o más; entre 5 y 6 puntos es un "Aprobado –", que quiere decir que se tiene la oportunidad de recuperar ese punto faltante con el segundo examen; y con menos de 5 puntos no se aprueba el examen. La nota se redondea a la décima de punto superior más próxima.*