

Segundo parcial (3/7/2008)

1. Suponga un protón que viene del espacio exterior y que al entrar a la atmósfera terrestre colisiona con algún núcleo. Suponga que en esta colisión intervienen algunos constituyentes del núcleo y algunos constituyentes del protón de modo tal que entre los productos de la reacción se halle un muón con una energía de 6 GeV .

- (a) (1.5p) Realice un posible diagrama de Feynman para tal proceso dentro del Standard Model (SM) indicando qué terminos del lagrangiano del SM intervienen en cada vértice. (Ayudas: (i) puede serle útil saber que en el protón, además de los quarks uud , se pueden hallar gluones y pares de quarks antiquark, p.ej. $d\bar{d}$ (ver figura atrás); (ii) no se preocupe por las partes del protón y del núcleo que no intervienen en el proceso, pero de las partes que sí intervienen en el proceso dibuje todo.)

Pensemos ahora en el muón en su vuelo hasta la superficie de la tierra.

- (b) (1.25p) Ahora, en el sistema de referencia de la tierra, diga si hay algún estado de helicidad más probable que otro para el muón que se creó con el diagrama de Feynman del punto anterior. Explique por qué, haciendo alguna cuenta –relevante, claro!
- (c) (2p) Si la función de onda del muón es $\psi(x) = u_{\vec{p}} e^{i p \cdot x}$, deduzca cómo sería la función de onda si el muón es cambiado por un anti-muón.

Ahora veamos qué pasa en su llegada a la superficie...cuando entra a la pecera de Estructura IV.

- (d) (1.5p) A partir del lagrangiano para un muón libre, halle la simetría global que posee y hágala local, con todo lo que esto conlleva. Diga cuál es la razón para que aparezcan la cantidad de campos de gauge que le aparecieron cuando localizó la teoría. En la nueva teoría indique cuál es la parte libre del lagrangiano y cuál la de interacción. Indique y dibuje en su esquema cómo serían el o los vértices de interacción.
- (e) (1.5p) Halle –haciendo todas las cuentas prolijas– la o las ecuaciones de movimiento para el o los campos de gauge de la nueva teoría.
- (f) (1.5p) Cuando el muón pasa por el vapor sobresaturado de la cámara de niebla ioniza los átomos de la niebla generando que estos condensen y se vea la traza. Realice el diagrama de Feynman de la interacción que da lugar a esta ionización, indicando qué parte del lagrangiano del SM es la responsable.

Y ahora el final de nuestro amigo.

- (g) (0.75p) Suponiendo que el núcleo del primer choque se hallaba a unos 100 Km sobre la superficie terrestre y que el muón es creado en dirección hacia el centro de la tierra, indique dónde se espera que decaiga el muón si uno supone que éste prácticamente no interactúa con nada en su camino.

Puntos extras:

- (h) (1p extra) Realice el diagrama de Feynman del punto (a) pero incluyendo todas las partes del protón y todas las partes del núcleo de la atmósfera. O sea, no deje nada de lado.

- **El muón:** página 14 del *Particle physics Booklet*.

- **La representación de Dirac viene dada por**

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

Donde σ^i son las matrices de Pauli,

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

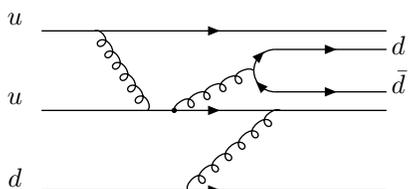
- **Lagrangianos importantes:**

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\gamma^\mu\partial_\mu - m)\psi$$

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$$

$$\mathcal{L} = \partial_\mu\phi\partial^\mu\phi^* - m^2\phi\phi^*$$

- **Diagrama de Feynman de la ayuda del punto (a):**



Nota: Tiene 3 : 30 hs. para resolver el examen. En cada item de cada ejercicio, una justificación y un razonamiento correctos dan la mitad de los puntos, y un resultado correcto da la otra mitad. Cualquier ambigüedad es tomada como respuesta incorrecta. Se aprueba con 6 puntos o más; entre 5 y 6 puntos es un "Aprobado -", que quiere decir que se recupera ese punto faltante con el primer examen; y con menos de 5 puntos no se aprueba el examen. La nota final del examen se redondea a la décima de punto superior más próxima.