2^{do}cuatrimestre 2009

Segundo Recuperatorio (29/12/2009)

1. *(3p)* Sea el lagrangiano de un campo escalar complejo

$$L(t) = \int d^3x \, (\partial_\mu \phi \partial^\mu \phi^* - m^2 \phi^* \phi).$$

   (a) *(0.5p)* Halle las simetrías internas globales de éste lagrangiano y fuércelas a que sean locales.

   (b) *(1p)* En esta nueva teoría donde la simetría es local, muestre que si $\phi \in R$ entonces no hay acoplamiento entre el/los campos de gauge y el campo ϕ a primer orden en la constante de acoplamiento.

   (c) *(1.5p)* Para la teoría obtendida en el ítem $a)$, halle las ecuaciones de movimientos correspondientes. Sea prolijo, ordenado y explícito.

2. *(4p)* De los siguientes procesos: (i) diga cuáles son posibles y cuáles no *dentro del Modelo Estándar* yendo hasta nivel árbol (i.e. sin *loops*); y (ii) en los procesos posibles dibuje al menos un diagrama de Feynman que contribuya al proceso e indique *en cada vértice* cómo es el término del lagrangiano encargado del vértice; en los procesos no posibles explique por qué razón no son posibles.

$$\begin{array}{lrcl lrcl lrcl} (a) & e^-\,e^+ & \to & \mu^-\,\mu^+ & (b) & e^-\,\mu^+ & \to & \mu^+\,e^- & (c) & h & \to & \bar{d}\,u\,W^- \\ (d) & \mu & \to & e\,\gamma & (e) & \pi^+ & \to & \mu^+\,\nu_\mu & (f) & p\,p & \to & p\,p\,\pi^0 \end{array} \tag{1}$$

   (En el item (a) haga al menos dos diagramas que contribuyan al proceso.) Ayudas: al escribir cada término del lagrangiano correspondiente a cada vértice, deje las constantes numéricas con una letra; no tenga en cuenta los diferentes colores de los quarks. (Cada proceso vale 0.66 *puntos.)*

3. *(3p)* Considere la siguente pieza de la lagrangiana del Modelo Estándar antes que el Higgs tome su valor de expectación en el vacío, invariante ante $SU(2)_L \times U(1)_Y$:

$$\Delta\mathcal{L} = -\lambda \bar{t}_L \phi^+ X_{x_1} - \lambda \bar{b}_L \phi^0 Y_{y_1} + h.c.,$$

   donde t y b se refiere a los quarks top y $bottom$, respectívamente, ϕ^+ y ϕ^0 a las componentes del doblete de Higgs, $\Phi = \begin{pmatrix} \phi^+ \\ \phi^0 \end{pmatrix}$, y X e Y son dos quarks a averiguar, cuyas quiralidades son x_1 e y_1 respectívamente ($x_1,\ y_1 = L$ o R).

   (a) *(1p)* Indique qué quarks podrían[1] ser X e Y, así como sus quiralidades (L o R).

   (b) *(1p)* Halle la hipercarga de todos los campos en cuestión y muestre explícitamente que, en efecto, esta pieza de lagrangiana es invariante ante $U(1)_Y$.

   (c) *(1p)* Halle el valor de λ.

4. *(1.5 extra-points)* En la ecuación del ejercicio 3 aparece dos veces el parámetro λ. Suponga ahora que en vez de poner el mismo parámetro ponemos dos diferentes, digamos λ_1 y λ_2. Sería esto posible dentro del Modelo Estándar? Si su respuesta es negativa justifíquela, y si es positiva diga en tal caso qué quarks podrían ser X e Y. Una breve disgresión también es bienvenida.

[1] Digo "podrían" porque estrictamente hablando no están unívocamente determinados. De todos modos puede no hacer caso a este "podrían" y reemplazarlo por un "deben" y hacerse la vida más fácil.

Los generadores del grupo $SU(2)$ son $t^a = \frac{1}{2}\sigma^a$, donde σ^a son las matrices de Pauli,

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

Algunas fórmulas que no tendría sentido que se las acuerde de memoria:

$$\begin{aligned} [t^a, t^b] &= i f^{abc} t^c \\ D_\mu &= \partial_\mu - i g A^a_\mu t^a \\ A^a_\mu &\rightarrow A^a_\mu + \frac{1}{g}\partial_\mu \alpha^a + f^{abc} A^b_\mu \alpha^c \\ F^a_{\mu\nu} &= \partial_\mu A^a_\nu - \partial_\nu A^a_\mu + g f^{abc} A^b_\mu A^c_\nu \\ Q &= T_3 + \frac{Y}{2}. \end{aligned}$$

Nota: Tiene 4:00 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 incorrecta. 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 la nota del primer examen; y con menos de 5 puntos no se aprueba el examen.