

## ESTRUCTURA DE LA MATERIA 4

### SEGUNDO CUATRIMESTRE DE 2017

#### PRÁCTICA 8: EJERCICIOS ELEMENTALES SOBRE QCD

1. Considere el lagrangiano de QCD

$$\mathcal{L} = \bar{\Psi}(x)(i\partial\!\!\!/ - M)\Psi(x) + g\bar{\Psi}(x)\gamma^\mu G_\mu^a T_a \Psi(x) - \frac{1}{4}G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu}$$

donde  $T^a \equiv \frac{\lambda^a}{2}$  y  $G_{\mu\nu}^a \equiv \partial_\mu G_\nu^a - \partial_\nu G_\mu^a + g f_{abc} G_\mu^b G_\nu^c$ , siendo  $f_{abc}$  las constantes de estructura de  $su(3)$  y las  $\lambda$ 's las matrices de Gell-Mann. Aquí se describe el acomplamiento de un solo quark, mediante un spinor de Dirac  $\Psi$ , que es a su vez un triplete de color.  $M$  es una matriz proporcional a la identidad. No se maree con los distintos índices espinoriales, cuadvectoresiales y de color.

a) Dibuje los vértices de interacción entre el quark y los gluones.

b) Dibuje los términos de autointeracción de gluones que se obtienen de  $-\frac{1}{4}G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu}$

c) Dibuje los diagramas que, a orden más bajo en la constante de acoplamiento  $g$ , contribuyen al proceso de scattering gluón-gluón,  $gg \rightarrow gg$  y  $q\bar{q} \rightarrow q\bar{q}$

2. El sector del modelo estándar correspondiente a la cromodinámica describe la a 6 quarks  $u, d, c, s, t, b$  interactuando cada uno tal como se planteó en el ejercicio anterior. Las masas de cada una de estos quarks son diferentes.

(a) Escriba el lagrangiano completo usando alguna notación que crea conveniente para reducir la escritura.

(b) Dibujando los vértices de interacción note que se conserva la cantidad  $N_i - \bar{N}_i$  siendo  $N_i$  y  $\bar{N}_i$  el número de quarks y antiquarks de tipo  $i$  ( $i = 1..6$ ). (Repase lo visto en guía 6) ¿Cual es la simetría asociada a esta conservación?

(c) En base a esto, diga, utilizando exclusivamente los vértices de la cromodinámica, cual de estos procesos es posible y cuando sea posible dibuje algunos diagramas de Feynman que contribuyan al proceso:

$$uu \rightarrow cc \quad u\bar{u} \rightarrow c\bar{c} \quad uu \rightarrow gg$$

3. Dado que los quarks  $u, d$  y  $s$  tienen una masa similar (busque sus valores en internet), la parte correspondiente del lagrangiano de QCD tiene una *simetría global*  $SU(3)$  *aproximada*. Con esto en mente, los tres quarks  $u, d$  y  $s$  se pueden ver como estados diferentes (*sobores*) de una misma partícula.

(a) Reescriba el lagrangiano de QCD escribiendo los tres espinores en un triplete de forma de hacer explícita esta simetría.

(b) ¿Cuál sería la simetría aproximada si todos los quarks tuviesen una masa comparable?

4. **Revisión de la conservación de proyección de isospin y extrañeza:** las simetrías vistas en guías 2 y 3 se pueden ver como simetrías aproximadas en el Lagrangiano del modelo anterior.
- (a) Identifique la proyección de isospin y extrañeza como números de quarks y antiquarks, que se conservan en virtud de la simetría del Lagrangiano ante algún subgrupo del  $SU(3)$  de sabor.
  - (b) Muestre a partir del ejercicio 2 que aún si las masas son apreciablemente distintas, y por ende la simetría  $SU(3)$  de sabor no puede considerarse como una aproximación con sentido, la proyección de isospin y extrañeza se conserva. ¿Qué cantidades conservadas adicionales se obtienen cuando la simetría  $SU(3)$  de sabor puede considerarse una buena aproximación?
5. Considere algún proceso que involucre a hadrones y/o mesones de los octetes y decupletes de la guía 2 y dibuje los diagramas de Feynman que contribuyen al orden más bajo en perturbaciones. Para ello será necesario conocer la composición de quarks de cada hadrón.