Teoria e Fenomenologia delle Interazioni Fondamentali

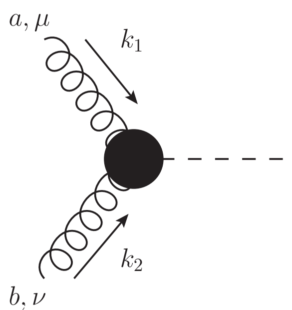
Emanuele Re

02/12/2022

Tempo a disposizione: 3 ore.

Scrivere in modo chiaro e leggibile. Si consiglia di fare i calcoli prima in brutta copia e di riportali solo successivamente in bella copia. In bella copia devono comunque comparire sia i passaggi di calcolo non banali sia, dove opportuno, brevi commenti su proprieta' o considerazioni che si stanno usando da uno step al successivo.

Nel limite di top quark infinitamente massivo, si puo' definire un vertice effettivo Hgg tra 2 gluoni e un bosone di Higgs come segue:



$$= i\ \delta^{ab}\ H^{\mu\nu}(k_1, k_2)$$

con

$$H^{\mu\nu}(k_1, k_2) = A\ [\ g^{\mu\nu}(k_1 \cdot k_2) - k_1^{\nu}\ k_2^{\mu}\ ]\,,$$

dove $A = \alpha_s/(3\pi v)$ e v e' il vacuum expectation value del campo di Higgs: $\frac{1}{v^2} = \frac{G_F}{\sqrt{2}}$.

1. Perche' il vertice Hgg contiene la costante di accoppiamento forte $\alpha_s = g_s^2/(4\pi)$?

2. Calcolare la larghezza di decadimento per il processo $H \to gg$, usando il vertice effettivo Hgg.

3. Usando il vertice effettivo, disegnare i diagrammi di Feynman corrispondenti all'ordine piu' basso in g_s (strong coupling) per i processi:

$$\begin{aligned} a)&\quad q + \bar{q} \;\to\; H + g\,, \\ b)&\quad g + q \;\to\; H + q\,, \\ c)&\quad g + g \;\to\; H + g\,. \end{aligned}$$

4. Calcolare l'ampiezza quadra (sommata e mediata opportunamente su tutti i numeri quantici) per il processo di scattering $b)$:

$$g(p_1) + q(p_2) \to H(p_3) + q(p_4)\,,$$

dove q e' un quark massless. I tetra-momenti delle particelle sono indicati tra parentesi, dunque si ha: $p_1^2 = p_2^2 = p_4^2 = 0$, $p_3^2 = m_H^2$. Esprimere il risultato usando gli invarianti di Mandelstam.

5. Commentare, ove opportuno, le singolarita' dell'ampiezza quadra trovata e dell'ampiezza quadra che si troverebbe per il processo a).

6. Si consideri la cinematica di un collisore adronico e si lavori nel centro di massa partonico, cioe' si assumano i momenti $\vec{p}_1$ e $\vec{p}_2$ orientati in verso opposto lungo l'asse z. I quadri-momenti p_3 e p_4 saranno dunque:

$$\begin{aligned} p_3^\mu &= (E_3,\ +\vec{k}_t,\ +p_z)\,, \\ p_4^\mu &= (E_4,\ -\vec{k}_t,\ -p_z)\,. \end{aligned}$$

Si assuma anche che:

$$d\Phi_2 \sim |\vec{k}_t|\ d|\vec{k}_t|\,.$$

Usando la "decomposizione di Sudakov" per il momento p_4^μ:

$$p_4^\mu = (1-z)\ p_1^\mu + \beta\ p_2^\mu + k_\perp^\mu, \qquad (k_\perp \cdot k_\perp) = -|\vec{k}_t|^2\,,$$

dimostrare che, nel limite $|\vec{k}_t| \to 0$, la sezione d'urto partonica $d\hat{\sigma}_{gq}$ diverge come

$$d\hat{\sigma}_{gq} \sim \frac{d|\vec{k}_t|}{|\vec{k}_t|}\,.$$

7. <u>facoltativo</u>: Dimostrare che

$$\frac{d^3k}{(2\pi)^3\ 2\ k^0} = \frac{1}{(2\pi)^3\ 2}\ |\vec{k}_t|\ d|\vec{k}_t|\ dy\ d\phi$$

con ϕ angolo azimutale attorno all'asse z, e $y = \frac{1}{2}\log\left(\frac{k^0+k^3}{k^0-k^3}\right)$.