Física de Partículas Elementares - II

Prof. Gustavo Burdman

Lista 2

Para entregar 27/09/11

2.1: Quebra de Simetria Eletrofraca e o modelo de Nambu–Jona-Lasinio:

Considere a seguinte lagrangeana

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}_L i\, \partial\!\!\!/ \psi_L + \bar{\psi}_R i\, \partial\!\!\!/ \psi_R + \frac{g^2}{\Lambda^2}\, \bar{\psi}_L \psi_R \bar{\psi}_R \psi_L$$

onde ψ_L and ψ_R são N férmions de mão esquerda e direita respectivamente, g é uma constante adimensional, e Λ é uma escala de energias.

a) Bosonisação: Mostre que a lagrangeana é equivalente a

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}_L i\, \partial\!\!\!/ \psi_L + \bar{\psi}_R i\, \partial\!\!\!/ \psi_R + g \left(\bar{\psi}_L \psi_R \, H + h.c. \right) - \Lambda^2 H^\dagger H$$

onde H é um campo escalar auxiliar (i.e. sem termo cinético).

b) Quebra Espontanea de Simetria: Em energias $\mu < \Lambda$, loops fermiônicos induzem um termo cinético e um potencial para o escalar H:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} &= \bar{\psi}_L i\, \partial\!\!\!/ \psi_L + \bar{\psi}_R i\, \partial\!\!\!/ \psi_R + g \left(\bar{\psi}_L \psi_R \, H + h.c. \right) \\ &\quad + Z_H \partial_\mu H^\dagger \partial^\mu H - m_H^2 H^\dagger H - \frac{\lambda_0}{2} \left(H^\dagger H \right)^2 \end{aligned}$$

(i) Mostre quais são os diagramas que geram Z_H, m_H^2 e λ_0.

(ii) Calcule $Z_H(\mu)$.

(iii) Mostre que existe um valor crítico de g acima do qual o potencial $V(H^\dagger H)$ adquire um valor esperado de vacuo não-nulo. Qual é esse valor crítico de g ?

2.2: Dimensões Extras Compactas

Considere uma teoria com uma dimensão extra compacta de raio R e métrica

$$ds^2 = \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu - dy^2 \ .$$

Um campo fermiônico se propaga em 5D, e sua ação

$$S = \int d^4x dy \left\{ \bar{\Psi}(x,y) i \Gamma^M D_M \Psi(x,y) - \frac{1}{4} F_{MN} F^{MN} \right\} \ ,$$

é invariante sob transformações de gauge $U(1)$, com a derivada covariante definida por

$$D_M \equiv \partial_M - i g_5 A_M \ ,$$

onde g_5 a constante de acoplamento na teoria 5D.

a) <u>Compactificaçào em no Orbifold</u>:

Se a compactificação é feita no orbifold S_1/Z_2

(i) Identifique a torre de estados de Kaluza-Klein correspondente aos bósons de gauge.

(ii) Se o modo-zero fermiônico é de mão esquerda, identifique a torre de KK dos férmions.

b) <u>Paridade KK</u>:

Assumindo que nos pontos fixos do orbifold $(y = 0, y = \pi R)$ encontram se os termos cinéticos localizados

$$S_{\text{loc.}} = c \int d^4x \int_0^{\pi R} dy \bar{\Psi}(x,y) i \gamma^\mu D_\mu \Psi(x,y) \left\{ \frac{\delta(y)}{\Lambda_{UV}} + \frac{\delta(y - \pi R)}{\Lambda_{UV}} \right\} \ ,$$

com c uma constante ,

(i) Mostre que a paridade KK, definida como a paridade da soma dos números de KK dos modos numa interação tríplice, deve ser preservada pelas interações.

(ii) Verifique que não é possível produzir o primeiro modo KK de um campo de gauge no canal s no LHC; e que o modo KK mais leve é estável (i.e. não pode decair).