

امتحان باانتهم در نظریه میدان کوانتی II

تیرماه ۱۳۹۱  
طراح سوال  
محمد مهدی شیخ حسینی

(1) نظریه میدان کوانتی با گرویدار  $SU(N)$ ؛ فرم  $N$  فرم (chiral) در پیمایش بیادی و یک اسکالر  $\phi$  با  $N$  پیمایش  $\psi_{L,a}$  بازنه زبراد نظریه میدان

$$\mathcal{L} = \frac{1}{4} \text{Tr} F_{\mu\nu}^2 + \sum_{a=1}^N \bar{\psi}_{L,a} \not{\partial} \psi_{L,a} + (D_\mu \phi)^\dagger (D^\mu \phi) - \frac{\lambda}{4} (\phi^\dagger \phi)^2$$

که تمام جلات  $\psi_{L,a}$  و  $\phi$  در پیمایش  $SU(N)$  قرار دارند و

$$D_\mu \psi_{L,a} = \partial_\mu \psi_{L,a} + ig A_{\mu b} \psi_{L,a} \quad ; \quad \psi_L = \frac{1}{2}(1-\gamma_5)\psi \quad ; \quad D_\mu \phi = \partial_\mu \phi + ig [A_{\mu b} \phi]$$

- (1-1) الف) بعد جری کوچهتر از 4 ؛ ب) بعد جری برابر چهار ؛ پ) بعد جری پنج ؛ ت) بعد جری شش دارند را بنویسید. این جلات را بر حسب رفتار آنها تحت تبدیلات  $T, P, C$  در نظر بگیرید.
- (2-1) کدامیک از جلات فوق در سطح یک حلقه در نظر گرفته می شود؟
- (3-1) دانسته برآید  $\phi \rightarrow G \phi$  که  $G$  پیمایش  $SU(N)$  است در سطح جهت حساب کنید.
- (4-1) ثابت پیمایش را در شرط پیمایش محوری (Axial Gauge)  $n \cdot A = 0$  که  $n$  یک چاربردار در فضا (فضا گویا، زمان گویا، توکویا) است انجام دهید.

- (5-1) کنش  $\eta$  (ghost) که ناشی از ثبت پیمایش محوری است را بدست آورید.
- (6-1) تبدیلات BRST، تبدیلات  $Q$  که کنش پیمایش ثبت شده را نامورد کنی را بدست آورید.
- (7-1) فرموله تبدیلات BRST قسمت قبل را  $Q$  بنویسید، نشان دهید که  $Q^2 = 0$ .
- (8-1) معادله  $\beta$  در سطح یک حلقه را برای نظریه میدان فوق بدست آورید. آیا معادله  $\beta$  به ثبت پیمایش وابسته است؟

(2) برای مدل استاندارد ذرات بنیادی که یک نظریه میدان کوانتی (chiral gauge theory) با تقارن پیمایش  $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$  است؛ میدانهای فرمیونی (کوارکها و لپتونها) در پیمایش  $(3, 2, 1/6)$  و یک ذره اسکالر (هیگز) در پیمایش  $(3, 1, 1/3)$  قرار دارند.

- (1-2) توابع  $\beta$  مربوط به جهت شدنی پیمایش را بر حسب پیمایش از انرژی در بازه  $10 \text{ MeV}$  تا  $10 \text{ TeV}$  در محاسبه کنید.
- (2-2) جدول PDG مراجعه کنید. جرم  $Z$  کوچهتر از  $125 \text{ GeV}$  در نظر بگیرید.
- (3-2) توابع  $\beta$  را در بازه انرژی  $10 \text{ TeV} - 10^{16} \text{ GeV}$  در محاسبه کنید.
- (4-2) فرض کنید که مدل استاندارد فعلی مدل جری (از فرمیونها) جرم  $1 \text{ TeV}$  (صاف شود) قسمتهای (1-2 و 2-2) را دوباره حل کنید و توابع  $\beta$  را در بازه فوق رسم کنید.

موفق باشید  
دکتر محمد مهدی شیخ حسینی