

Übung zur Vorlesung
"Experimentelle Elementarteilchenphysik"
SS 2006

H. Kolanoski, J. Kretzschmar

11. und letzte Übung

11.1 W- und Z-Masse (10 Punkte)

Im Standard-Modell erhält man durch die Wechselwirkung des Higgs-Feldes mit den Eichfeldern W_μ^i und B_μ Massenterme, die durch folgenden Anteil der Lagrange-Dichte beschrieben werden:

$$\mathcal{L}_{\text{Masse}} = \frac{1}{8}v^2g^2((W_\mu^1)^2 + (W_\mu^2)^2) + \frac{1}{8}v^2(g'B_\mu - gW_\mu^3)(g'B_\mu - gW_\mu^3)$$

Hierbei ist v der Vakuum-Erwartungswert des Higgs-Feldes. Für die Kopplungskonstanten g und g' gilt: $g \sin \theta_w = g' \cos \theta_w = e$.

- a) Drücken Sie $\mathcal{L}_{\text{Masse}}$ in den physikalischen Feldern W_μ^\pm , Z_μ und A_μ aus. Zeigen Sie, dass sich $\mathcal{L}_{\text{Masse}}$ schreiben lässt als,

$$\mathcal{L}_{\text{Masse}} = M_W^2 W_\mu^+ W_\mu^- + \frac{1}{2} M_Z^2 Z_\mu^2$$

wobei die W- und Z-Masse durch $M_W = \frac{1}{2}vg$ und $M_Z = \frac{1}{2}v\sqrt{g^2 + g'^2}$ gegeben sind.

- b) Wie hängt $\sin^2 \theta_w$ von den Massen M_W und M_Z ab.
c) Berechnen Sie die Massen M_W und M_Z mittels der experimentellen Werte für G_F und $\sin^2 \theta_w$ ab. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit den Angaben des "Particle Data Booklet". Hinweis: Wie hängen g , g' und G_F zusammen ?

11.2 Higgsmechanismus und Eichinvarianz (10 Punkte)

Wir betrachten die Lagrange-Dichte für das elektromagnetische Feld A_μ zusammen mit dem komplexen Higgsfeld ϕ :

$$\mathcal{L} = (D_\mu \phi)(D^\mu \phi)^* + \mu^2 \phi \phi^* - \lambda^2 (\phi \phi^*)^2 - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} .$$

Dabei ist wie üblich die kovariante Ableitung $D_\mu = \partial_\mu + iqA_\mu$ und der Feldstärketensor $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$.

Die lokale Eichtransformation lautet:

$$A_\mu(x) \rightarrow A_\mu'(x) = A_\mu(x) + \partial_\mu \chi(x), \quad \phi(x) \rightarrow \phi'(x) = \exp(iq\chi(x))\phi(x)$$

Zeigen Sie, dass die Lagrange-Dichte unter dieser Transformation invariant ist.