

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  $W_\mu^i$  und  $B_\mu$  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  $W_\mu^\pm$ ,  $Z_\mu$  und  $A_\mu$  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  $A_\mu$  zusammen mit dem komplexen Higgsfeld  $\phi$ :

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

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.