

[Übungsgruppen Donnerstag 29.01. 08-10 und 16-18 in D6-135]

Aufgabe 12.1: Eichsymmetrie und das Higgs

1. Nach der spontanen Symmetriebrechung ist das Higgs-Doublett zunächst gegeben durch

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \phi_1(x) + i\phi_2(x) \\ v + \phi_0(x) + i\phi_3(x) \end{pmatrix}.$$

Konstruieren Sie die $SU(2)$ Matrix $U(x) = \exp[-i\beta_a(x)\sigma_a/v]$ für $v \gg 1$ so dass gilt

$$U(x)\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ v + \phi_0(x) \end{pmatrix}.$$

[Hinweis: Sie dürfen die Matrix $U(x)$ in $1/v$ entwickeln]

2. Wie transformiert sich das Ladungskonjugierte des Higgs $\tilde{\Phi}(x) = i\sigma_2\Phi(x)^*$ unter der $SU(2)_L$ Transformation aus Aufgabe 11.3.? Was bedeutet dies für die Rolle von $i\sigma_2$?
3. Zeigen Sie, dass beide Yukawa-Terme $\bar{Q}'_{1,L}\tilde{\Phi}(x)\psi_{u,R}$ und $\bar{Q}'_{1,L}\Phi(x)\psi_{d,R}$ invariant sind unter $U(1)_Y$ Eichtransformationen (und damit auch ihre Hermitesch konjugierten). Sind diese Terme auch invariant unter $SU(2)_L$ Transformationen?

Aufgabe 12.2: Weinberg-Winkel und Vektorboson-Massen

1. Benutzen Sie den Wert der schwachen Kopplungskonstante $g_W^2 = 4\sqrt{2}G_F m_W^2$ aus der Vorlesung und aus der Feinstrukturkonstante $\alpha_{em} = e^2/4\pi = 1/137$ den Wert von e , um aus $e = g_W \sin\theta_W$ den Wert für $\sin\theta_W$ zu bestimmen. Vergleichen Sie anschliessend mit dem Particle Data Booklet.
2. Was ergibt sich daraus für eine Voraussage für den Quotienten m_Z/m_W (Vergleichen Sie mit dem Wert im Particle Data Booklet). Was erhalten Sie für den Parameter v ?

Aufgabe 12.3: Higgs-Potential und -Zerfall

1. Schreiben Sie den Parameter λ aus dem Higgs-Potential $V(\Phi)$ als Funktion von g_W, m_W und der Higgs-Masse m_H .
2. Supersymmetrische Theorien die das Standardmodell verallgemeinern sagen aus, dass $\lambda \leq g_W^2/2$. Welche Vorhersage ergibt sich damit für m_H ?
3. Nehmen Sie an, dass $m_H = 125$ GeV ist und durch Yukawa-WW zerfällt. Welches ist der wichtigste Zerfallskanal?