

**Aufgabe 48:** Freiheitsgrade

Wie viele physikalische Freiheitsgrade (bzw. Polarisationszustände) tragen  $W^\pm$ ,  $Z$  und die Skalarpartikel in  $\hat{\Phi}$

- (a) ohne spontane Symmetriebrechung?
- (b) mit spontaner Symmetriebrechung?

**Aufgabe 49:** SM-Parameter

- (a) Schreiben Sie bitte den Parameter  $\lambda$  des Higgs-Potentials  $V(\hat{\Phi})$  als Funktion von  $g_w$ ,  $m_W$  und der Higgs-Masse  $m_H$ .
- (b) Sogenannte "supersymmetrische" Theorien sagen aus, dass  $\lambda \lesssim g_w^2/2$ . Welche Vorhersage erhalten Sie daraufhin für  $m_H$ ?

**Aufgabe 50:** Matrizen

- (a) Wie viele unabhängige Parameter gibt es in der allgemeinen (reellen) orthogonalen  $3 \times 3$ -Matrix  $Q \in O(3)$ ? [Also  $O^T = O^{-1}$ .] Wie viele sind es im Fall  $N \times N$ ?
- (b) Wie viele unabhängige reelle Parameter gibt es in der allgemeinen unitären  $3 \times 3$ -Matrix  $U \in U(3)$ ? [Also  $U^\dagger = U^{-1}$ .] Wie viele sind es im Fall  $N \times N$ ?
- (c) Zeigen Sie, dass die durch vier reelle Parameter  $\{\theta_1, \theta_2, \theta_3, \delta\}$  parametrisierte CKM-Matrix

$$V_{\text{CKM}} \equiv \begin{pmatrix} c_1 c_3 & s_1 c_3 & s_3 e^{-i\delta} \\ -s_1 c_2 - c_1 s_2 s_3 e^{i\delta} & c_1 c_2 - s_1 s_2 s_3 e^{i\delta} & s_2 c_3 \\ s_1 s_2 - c_1 c_2 s_3 e^{i\delta} & -c_1 s_2 - s_1 c_2 s_3 e^{i\delta} & c_2 c_3 \end{pmatrix}, \quad \begin{aligned} c_i &= \cos(\theta_i) \\ s_i &= \sin(\theta_i) \end{aligned}$$

(vgl. PDG Booklet, S.169) ein Element der Gruppe  $SU(3)$  ist. [Also  $V^\dagger = V^{-1}$ ,  $\det V = 1$ .]

**Aufgabe 51:** Higgs-Zerfall

Nehmen Sie an, dass Higgs-Teilchen eine Masse von  $120 \text{ GeV}$  besitzen und durch Yukawa-Wechselwirkungen zerfallen. Was wäre der wichtigste Zerfallskanal?

**Aufgabe 52:** Chirale Transformation

Betrachten Sie einen Massenterm der Form

$$\delta \hat{\mathcal{L}} = -\frac{v}{\sqrt{2}} [h_u \hat{u}_L \hat{u}_R + h_u^* \hat{u}_R \hat{u}_L].$$

Mit welcher Phasentransformation des Quarkoperators  $\hat{u}$  kann man  $h_u$  als eine reelle Kopplungskonstante redefinieren? [Diese Phasentransformation wird *chirale Transformation* genannt.]