

## Übung 11 zur Vorlesung Physik V

### Aufgabe 1: Higgs-Potential

Das Higgs-Potential ist gegeben durch

$$V(\phi) = \mu^2 |\phi|^2 + \lambda |\phi|^4$$

Hier ist  $\phi$  ein Spin-0 Feld,  $\mu^2 < 0$  und  $\lambda > 0$  sind reelle Naturkonstanten.

- a) Zeichnen Sie das Potential  $V(\phi)$ . Bei welchem Wert  $|\Phi|_{min} = v/\sqrt{2}$  hat das Potential ein Minimum? **3**
- b) Zeigen Sie für

$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ v + H \end{pmatrix}$$

dass

$$V(H) = C - \mu^2 H^2 + \lambda v H^3 + \frac{1}{4} \lambda H^4$$

Bestimmen Sie die Konstante C. **3**

- c) Bestimmen Sie  $\mu^2$  und  $\lambda$  für eine Higgs-Masse von 125 GeV. **3**
- d) Berechnen Sie die Konstante C in Einheiten von GeV/ m<sup>3</sup> und interpretieren Sie das Ergebnis. **3**

### Aufgabe 2: $D^0$ -Zerfall

Das  $D^0$ -Meson zerfällt mit unterschiedlichen Raten in  $K^- \pi^+$  bzw.  $\pi^- \pi^+$  Endzustände (<http://pdg.lbl.gov/2014/tables/rpp2014-tab-mesons-charm.pdf>).

- a) Zeichnen Sie die Feynmandiagramme für die Zerfälle des  $D^0$ -Mesons in  $K^- \pi^+$  bzw.  $\pi^- \pi^+$ . **2**
- b) Mit Hilfe des Cabibbos Mischwinkels berechnen Sie die Größenordnung des Verhältnisses der partiellen Breiten  $\Gamma(D^0 \rightarrow K^- \pi^+)/\Gamma(D^0 \rightarrow \pi^- \pi^+)$ . **2**

### Aufgabe 3: Neutrino-Oszillationen

- a) In einem Experiment werde eine Neutrino-Flavour  $\alpha$  erzeugt. Die Wahrscheinlichkeit einer Umwandlung in Neutrino-Flavour  $\beta$  zur Zeit  $t$  ist  $P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta, t) = |\langle \nu_\beta | \nu_\alpha(t) \rangle|^2$ . Nehmen Sie an, dass massive Neutrinos unterschiedliche Zeit-Evolutionen haben  $|\nu_i(t)\rangle = |\nu_i(0)\rangle e^{-iE_i t}$  und dass für Neutrinos folgende Näherung gilt  $E_i \approx p_i + m_i^2/2p_i$ . Zeigen Sie:

$$P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta, t) = \sin^2 2\Theta \cdot \sin^2 \left( \frac{\Delta m^2}{4E} L \right)$$

mit  $\Delta m^2 = m_1^2 - m_2^2$  und Mischungswinkel  $\Theta$ . Die Neutrino Strahlenergie sei  $E$  und  $L$  sei die Flugdistanz. **2**

- b) Wie weit entfernt muss ein Neutrino-Detektor typisch von der Quelle entfernt gebaut werden, um eine Änderung des Neutrino-Flavours im Strahl messen zu können? Rechnen Sie mit  $E = 10$  GeV und  $\delta m^2$  beziehungsweise  $\Delta m^2$  wie in der Vorlesung angegeben. **2**