

**Aufgabe 20.** relativistischer Pionenzerfall

Das neutrale Pion,  $\pi^0$ , zerfällt normalerweise in zwei Photonen, es kann aber auch in ein Elektron-Positron Paar zerfallen. Die effektive Hamiltonichte dafür ist:

$$\mathcal{H}_{\text{int}} = ig\bar{\Psi}(x)\gamma^5\Psi(x)\phi(x)$$

wobei  $\phi$  das  $\pi^0$  Feld (neutrales Klein-Gordon Feld) und  $\Psi$  das Elektron-Positron Feld bedeuten.

- (a) Zeigen Sie, dass  $\mathcal{H}_{\text{int}}$  hermitisch ist.
- (b) Berechnen Sie das Streumatrixelement des Zerfalls  $\pi^0 \rightarrow e^- + e^+$  in niedrigster Ordnung Störungstheorie.
- (c) Berechnen Sie die Zerfallrate, wobei wegen  $m_{\pi^0} = 135\text{MeV} \gg m_e = 0.511\text{MeV}$ ,  $m_e \approx 0$  gesetzt werden kann.

**Aufgabe 21.**

Betrachten Sie die Vernichtung eines Elektron-Positron Paars in zwei Photonen,  $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$ .

- (a) Zeichnen Sie alle Feynman Diagramme die zu diesem Prozess beitragen, bis in zweiter Ordnung  $\mathcal{O}(e^2)$  in der Elektronladung. Dabei seien die Impulse des einfallenden Elektrons  $p_-$ , des einfallenden Positrons  $p_+$ , und der resultierenden Photonen  $k_1$  und  $k_2$ . Beschriften Sie die Diagramme mit diesen Impulsen, sowie mit den Impulsen sämtlicher innerer Linien.
- (b) Bestimmen Sie zu jedem Diagram die zugehörigen Feynman Amplituden.

**Aufgabe 22.**

Betrachten Sie die Streuung zweier Protonen, vermittelt durch den Austausch eines Photons oder eines neutralen  $\pi^0$  Mesons. Zeichnen Sie eindeutig beschriftete Feynman Diagramme der zugehörigen Wechselwirkungen, zu niedrigster Ordnung in der Elektronladung  $e$  oder der Pion-Nukleon-Nukleon Kopplungskonstante  $g$ . Geben Sie für die zugehörigen  $\mathcal{M}$ -Matrizen vollständige mathematischen Ausdrücke an.