

Theoretische Teilchenphysik 1

V: Prof. Dr. D. Zeppenfeld, Ü: PD Dr. M. Rauch

Übungsblatt 11

Besprechung: Mi, 19.07. - Do, 20.07.17

Aufgabe 22: Strahlungskorrekturen zur $e^- \mu^+$ -Streuung (3+2+5=10 Punkte)

Wir untersuchen die Streuung eines Elektrons an einem schwereren Antilepton der Ladung +1, dem μ^+ . Die Feynman-Regeln für Myonen sind identisch mit denen für Elektronen, es müssen nur die korrekten Massen m_e bzw. m_μ in den Propagatoren verwendet werden. Desweiteren verschwinden gemischte Propagatoren vom Typ $\langle 0 | T \psi_e \bar{\psi}_\mu | 0 \rangle$. Der Prozess niedrigster Ordnung ($n = 2$ Einschübe der Wechselwirkungs-Lagrangedichte) ist z.B. in Peskin/Schroeder, Kap. 5.4, beschrieben. Wir wollen nun den $n = 3$ Prozess

$$e^-(p_1) + \mu^+(p_2) \longrightarrow e^-(p'_1) + \mu^+(p'_2) + \gamma(k)$$

untersuchen.

- Zeichnen Sie alle Feynman Diagramme der Ordnung $n = 3$. Geben Sie die Impulse der internen Propagatoren und die externen Wellenfunktionsfaktoren explizit an.
- Verwenden Sie die Feynman-Regeln der QED, um den Beitrag jedes Diagramms zur Streuamplitude hinzuschreiben. (Ihr Ergebnis soll in der Form $\bar{u}(p) \frac{1}{\not{p} + \not{k} - m} \dots$ bleiben, es sind keine weiteren Vereinfachungen notwendig.)
- Die Struktur des Resultats für die gesamte Streuamplitude ist

$$\mathcal{M} = \mathcal{M}^\mu \epsilon_\mu(k) .$$

Die Eichinvarianz der Amplitude bedingt, dass

$$\mathcal{M}^\mu k_\mu = 0 ,$$

d.h. die Amplitude verschwindet, wenn wir den Polarisationsvektor $\epsilon_\mu(k)$ des Photons durch den Photonimpuls k_μ ersetzen. Zeigen Sie durch eine explizite Rechnung, dass diese Bedingung an \mathcal{M} für die Amplitude aus (b) erfüllt ist.

Aufgabe 23: Schleifenbeiträge zur $e^- \mu^+$ -Streuung*(5+5=10 Punkte)*

Betrachten Sie nun $e^- \mu^+$ -Streuung in Ordnung $n = 4$, aber ohne Photon-Emission, d.h. wir wollen die Ein-Schleifen-Beiträge zur Streuamplitude

$$e^-(p_1) + \mu^+(p_2) \longrightarrow e^-(p'_1) + \mu^+(p'_2)$$

konstruieren.

- (a) Zeichnen Sie alle möglichen Feynman-Diagramme der Ordnung $n = 4$. Geben Sie für alle internen und externen Propagatoren den zugehörigen Impuls an.
- (b) Wenden Sie die Feynman-Regeln der QED an, um den Beitrag jedes Feynman-Diagramms zur Streuamplitude aufzuschreiben.

Hinweis: Benutzen Sie Abkürzungen für Ausdrücke in den Teilamplituden, die mehrfach auftreten.