

# Theoretische Teilchenphysik II

V: Prof. Dr. M. Mühlleitner, Ü: Dr. M. Rauch

## Übungsblatt 1

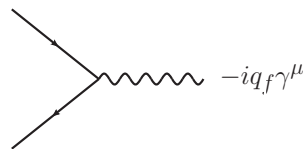
Besprechung: Fr, 21.10.11

### Aufgabe 1: Tiefinelastische Streuung

Wir untersuchen die Streuung eines Elektrons an einem Quark:

$$e^-(p_1) + q(p_2) \longrightarrow e^-(p_3) + q(p_4) . \quad (1)$$

Diese wird vermittelt durch den Austausch eines virtuellen Photons. Die Feynman-Regel für die Wechselwirkung zweier Fermionen mit einem Photon lautet



Dabei ist  $q_f$  die elektromagnetische Ladung des Fermions in Einheiten der Elementarladung.

- Zeichnen Sie die möglichen Feynman-Diagramme für diesen Prozess.
- Wie lautet das Matrixelement  $\mathcal{M}_f$  für ein allgemeines Quark mit Ladung  $q_q$ ? Vernachlässigen Sie dabei den Austausch eines virtuellen  $Z$ -Bosons und Farbfaktoren. (Letztere ergeben in diesem Prozess am Ende gerade 1.)
- Berechnen Sie dann das quadrierte Matrixelement  $|\mathcal{M}_f|^2$  im Grenzfall masseloser Elektronen und Quarks. Mitteln/summieren Sie über einlaufende/auslaufende Spins und verwenden dann bekannte Techniken, um die Spuren über die  $\gamma$ -Matrizen auszurechnen.

*Hinweis:* Beobachten Sie, dass die beiden auftretenden Spuren dieselbe Struktur besitzen. Berechnen Sie diese zuerst.

Nun können wir die Phasenraumintegration der beiden auslaufenden Teilchen hinzufügen und den differentiellen partonischen Wirkungsquerschnitt ausrechnen.

- (d) Berechnen Sie den differentiellen partonischen Wirkungsquerschnitt  $\frac{d\sigma}{dq^2}$  im Schwerpunktsystem der beiden einlaufenden Teilchen. Dabei ist  $q^2 = (p_1 - p_3)^2$ .  
Drücken Sie die vorkommenden Energien und Skalarprodukte von Impulsen durch die kinematischen Größen  $s = (p_1 + p_2)^2$  und  $q^2$  aus.

In der Natur kommen Quarks nicht als freie Teilchen vor, sondern nur innerhalb von Hadronen, zu denen auch das Proton zählt.

- (e) Welchen Ansatz benötigen Sie, um vom partonischen zum hadronischen Wirkungsquerschnitt  $ep \rightarrow ej + X$  zu kommen?

Nützliche Formeln:

$$\begin{aligned}\text{Tr}(\gamma^\mu \gamma^\nu) &= 4g^{\mu\nu} \\ \text{Tr}(\gamma^{\mu_1} \dots \gamma^{\mu_n}) &= 0 \text{ für } n \text{ ungerade} \\ \text{Tr}(\gamma^\mu \gamma^\nu \gamma^\rho \gamma^\sigma) &= 4 \cdot (g^{\mu\nu} g^{\rho\sigma} - g^{\mu\rho} g^{\nu\sigma} + g^{\mu\sigma} g^{\nu\rho}) \\ \text{Tr}(\gamma^5) &= \text{Tr}(\gamma^\mu \gamma^\nu \gamma^5) = 0 \\ \text{Tr}(\gamma^\mu \gamma^\nu \gamma^\rho \gamma^\sigma \gamma^5) &= 4i\varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma}\end{aligned}$$

## Organisatorisches

- **Übung**

Die Übung findet am **Freitag** von **11:30 bis 13:00 Uhr** im **Kl. Hörsaal B** statt. Dort werden die Übungsaufgaben besprochen. Das neue Blatt gibt es jeweils am Donnerstag in der Vorlesung.

- **Scheine**

Zum Erwerb eines Scheins müssen die Aufgaben schriftlich bearbeitet und jeweils bis spätestens **Mittwoch, 12 Uhr** in den vorgesehenen Kasten im Eingangsbereich des Physik-Hochhauses eingeworfen werden. Insgesamt müssen mindestens 40% der Gesamtpunkte erreicht worden sein.

- Webseite zur Vorlesung:

<http://www-itp.particle.uni-karlsruhe.de/~rauch/TTP2>