

# Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 9

Bearbeitung bis 1.07.2013

---

Bitte geben Sie Ihren Namen und Ihre Tutorium-Gruppe (A-K) an.

---

**Aufgabe 1: Eigenparität des  $\Xi$**  (2 Punkte)

Bestimmen Sie aus der Reaktion  $\Xi^- p \rightarrow \Lambda \Lambda$  (starke Wechselwirkung) die Eigenparität des  $\Xi^-$ . Nehmen Sie an, dass das  $\Xi^-$  in einem S-Zustand eingefangen wird und dass die Spins der beiden  $\Lambda$ -Teilchen antiparallel sind. Beachten Sie, dass die Parität des Protons per Definition positiv ist und dass eine Wellenfunktion von Fermionen antisymmetrisch sein muss. Wie stehen die Spins von  $\Xi^-$  und  $p$  im Anfangszustand zueinander?

**Aufgabe 2: Teilchenreaktionen** (3 Punkte)

Begründen Sie, weshalb folgende Reaktionen nicht erlaubt, bzw. stark unterdrückt sind:

- a)  $p + \pi^+ \rightarrow K^+ + \Lambda^0$
- b)  $p \rightarrow n + \pi^+$
- c)  $\Lambda^0 \rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu}_e$
- d)  $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$
- e)  $e^- + \gamma \rightarrow e^-$

Geben Sie die Art der (dominierenden) Wechselwirkung folgender Reaktionen an:

- g)  $p + K^- \rightarrow \Sigma^+ + \pi^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$
- h)  $\bar{\Sigma}^0 \rightarrow \bar{\Lambda}^0 + \gamma$
- i)  $n + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0 + p$
- j)  $J/\psi \rightarrow \mu^+ + \mu^-$

k)  $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0$

l)  $\tau^- \rightarrow \pi^- + \nu_\tau$

m)  $\nu_e + p \rightarrow e^- + \pi^+ + p$

n)  $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$

o)  $\bar{\Delta}^0 \rightarrow \bar{n} + \pi^0$

Geben Sie außerdem für alle Reaktionen die Quarkzusammensetzung der beteiligten Hadronen an.

### Aufgabe 3: Anzahl der Farben in der QCD

(5 Punkte)

A priori ist nicht klar, wieviele Farbfreiheitsgrade es in der Quantenchromodynamik eigentlich gibt. Da Baryonen aus 3 Quarks bestehen, liegt der Verdacht nahe, das es insgesamt 3 verschiedene Farben gibt. Leptonen und Quarks sind beides fundamentale Spin-1/2-Teilchen und koppeln als solche nach den Regeln der QED an Photonen.

Der Wirkungsquerschnitt für  $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$  berechnet sich dann nach den gleichen Formeln wie der für  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ . Die jeweiligen Wirkungsquerschnitte ergeben sich aus:

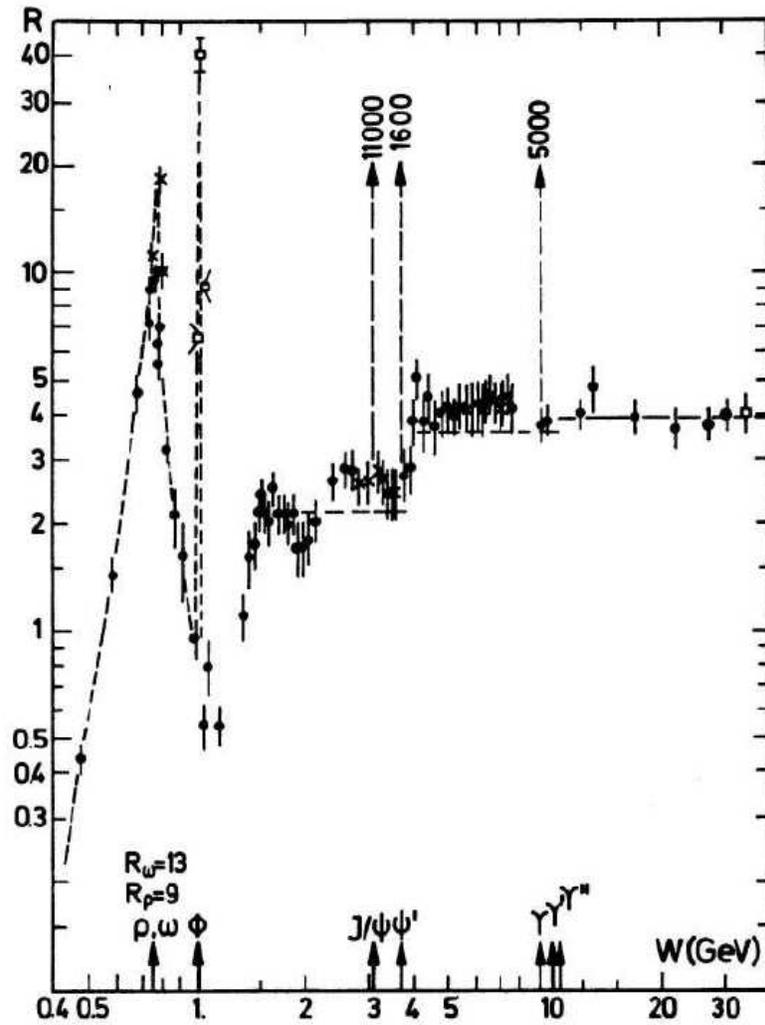
$$\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-) = \frac{4\pi\alpha^2}{3s}; \sigma(e^+e^- \rightarrow q\bar{q}) = \frac{4\pi\alpha^2}{3s} Q_q^2 \left[1 + \frac{\alpha_s}{\pi}\right]$$

mit  $\sqrt{s} = 2E =$  Schwerpunktsenergie im  $e^+e^-$ -Speicherring,  $Q_q =$  Quarkladung (in Einheiten der Elementarladung  $e$ ). Der Term in der eckigen Klammer ist ungefähr 1.06 (QCD-Vakuumpolarisation). Aus dem Verhältnis der gemessenen Wirkungsquerschnitte bei unterschiedlichen Energien lässt sich dann auf die Anzahl der Farben schließen.

a) Berechnen Sie das Verhältnis

$$R = \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen})}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$$

Beim Wirkungsquerschnitt der Hadronenproduktion müssen Sie über alle Quark-Flavor summieren, die bei der entsprechenden Energie zum Wirkungsquerschnitt beitragen. Führen Sie auch einen Faktor für die Anzahl an Farben ein. Vergleichen Sie ihre Ergebnisse mit den Messwerten für  $R$  im Bereich  $W = \sqrt{s} > 1$  GeV ausserhalb der bekannten Resonanzen und bestimmen Sie daraus die Anzahl an Farben.



- b) Die gestrichelte waagrechte Linie gibt die erwarteten Werte für  $R$  bei 3 Farben an. Es ist zu erkennen, dass die Messpunkte für  $\sqrt{s} \geq 4.0$  GeV etwas oberhalb dieser Linie liegen. Grund hierfür ist die Hadronenproduktion über den Kanal  $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ , bei dem eines oder beide  $\tau$ -Leptonen in Hadronen zerfallen. Berechnen Sie  $R$  erneut unter Einbeziehung dieses Kanals.