

# Kern- und Teilchenphysik II (SS18), Übungsblatt 2

Abgabe bis Freitag, 04. Mai 2018  
im Kasten „Kernphysik“ vor Raum NB 2/131

---

## 1. Aufgabe: Erlaubt oder verboten? (18 Punkte)

Welche der folgenden Reaktionen können stattfinden? Überprüfen Sie die Erhaltung aller relevanten additiven Quantenzahlen! Welche Wechselwirkungen liegen den möglichen Reaktionen jeweils zugrunde?

$$e^+e^- \rightarrow \omega \quad \bar{p}p \rightarrow \Delta^- \Delta^+ \quad K^0 \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^0 \quad W^+ \rightarrow d\bar{s}$$

## 2. Aufgabe: Massenformeln (15 Punkte)

Murray Gell-Mann und Susumu Okubo stellten unabhängig voneinander eine Formel auf, mit der sich die Masse eines Hadrons anhand von Isospin und Strangeness berechnen lässt. Im Falle des Baryon Dekupletts lässt sich die Formel durch

$$m_\Delta - m_{\Sigma^*} = m_{\Sigma^*} - m_{\Xi^*} = m_{\Xi^*} - m_\Omega$$

ausdrücken, also gleiche Massenabstände zwischen den Reihen des Dekupletts, womit Gell-Mann die Masse des  $\Omega$ -Baryons vorhersagen konnte.

- (a) Für Baryonen des Oktetts ergibt sich anhand der Formel der Zusammenhang

$$\frac{m_N + m_\Xi}{2} = \frac{3m_\Lambda + m_\Sigma}{4}.$$

Schauen Sie die Massen der Baryonen des Oktetts nach und berechnen sie die Mittelwerte  $m_N$ ,  $m_\Xi$  und  $m_\Sigma$ . Überprüfen Sie wie gut die Werte miteinander übereinstimmen.

- (b) Der selbe Zusammenhang ergibt sich auch für Mesonen-Oktetts, wobei dann die Baryonen gemäß  $\Sigma \rightarrow \pi$ ,  $\Lambda \rightarrow \eta$ ,  $N \rightarrow K^0, K^+$  und  $\Xi \rightarrow K^-, \bar{K}^0$  durch Mesonen ersetzt werden müssen. Verwenden Sie diesen Zusammenhang um die Masse des  $\eta$ -Mesons anhand der Massen der anderen Mesonen zu bestimmen und vergleichen Sie ihr Ergebnis mit der gemessenen Masse des  $\eta$ -Mesons. Überprüfen Sie, was sich für quadrierte Massen ergibt.

**3. Aufgabe:** Baryonzerfälle (12 Punkte)

Typischerweise zerfallen Teilchen des Baryon-Dekupletts nach  $10^{-23}$  s in ein leichteres Baryon des Baryon-Oktetts und in ein Meson oder mehrere Mesonen des pseudoskalaren Meson-Nonetts. In der Vorlesung haben Sie gelernt, dass das  $\Omega$ -Baryon nicht stark zerfallen kann, da die einzige Kombination die die Erhaltung von Strangeness erfüllen würde, die Energieerhaltung verletzen würde.

Wie verhält es sich mit dem Zerfall des  $\Sigma(1385)^0$ -Baryons?

Listen Sie zunächst alle Zerfälle in ein Baryon und ein Meson auf, bei denen alle bei der starken Wechselwirkung erhaltenen additiven Quantenzahlen erhalten sind und überprüfen Sie anschließend welche dieser Zerfälle auch kinematisch möglich sind.

**4. Aufgabe:** Mesonen: Quantenzahlen (15 Punkte)

- (a) Erstellen Sie eine Tabelle mit allen möglichen  $LS$ -Kombinationen bis  $L = 2$ . Bestimmen Sie für jede Kombination die Parität  $P$  (Eigenwert bezüglich einer Raumpiegelung) und die  $C$ -Parität (Eigenwert bezüglich einer Ladungskonjugation), für die im Falle von einem Fermion-Antifermion-Paar der Zusammenhang  $P = (-1)^{L+1}$  bzw.  $C = (-1)^{L+S}$  gilt.

Die Quantenzahlen  $L$  und  $S$  entsprechen dem Betrag des Bahndrehimpulsvektors  $\vec{L}$  bzw. dem Betrag der Summe der Spins  $\vec{s}$ , die zum Gesamtspin  $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$  koppeln, dessen Betrag der Quantenzahl  $J$  entspricht. Gemäß den Regeln der Vektor-Addition müssen die Beträge dann die Dreiecksungleichung  $|L - S| \leq J \leq |L + S|$  erfüllen.

Listen Sie für alle  $LS$ -Kombinationen auf, welche Werte für  $J$  demnach möglich sind.

- (b) Sie werden feststellen, dass nicht alle möglichen Kombinationen für  $J$ ,  $P$  und  $C$  auftreten. Fassen Sie zusammen, welche Kombinationen nicht auftreten.