

---

## Übungsblatt 6

### 6.1 Hadronen im Quarkmodell (25P)

Jemand berichtet Ihnen, Hadron-Zustände mit folgenden Quantenzahlen  $(Q, A, S, C, B)$  gefunden zu haben:

- a)  $(0, 0, 1, 0, 1)$ ,
- b)  $(1, 1, 0, 0, -1)$ .

Hierbei sind  $Q$  die Ladungszahl,  $A$  die Baryonenzahl und  $S, C, B$  die Strange-, Charm- und Bottom-Quantenzahlen. Prüfen Sie nach, ob diese Hadron-Zustände mit den Erwartungen des Quarkmodells verträglich sind. Falls der Zustand existiert, geben Sie die Quarkkomposition und den Namen des Teilchens an. Falls nicht, geben Sie eine detaillierte Begründung, warum er nicht existieren kann.

### 6.2 Multipletts von Mesonen und Baryonen (25P)

- a) Geben Sie die jeweils leichtesten aller möglichen Baryonen mit Spin  $3/2$  ohne “heavy flavors” an, d.h. solche, die nur die Valenz-Quarks  $u, d, s$  enthalten. Tragen Sie die Teilchen in ein Diagramm mit Ladungszahl  $Q$  als Abszisse und Strangeness  $S$  als Ordinate ein. Geben Sie auch die Namen und Massen dieser Teilchen an. Wieso dürfen die Teilchen in den Ecken des Diagramms existieren?
- b) Zeichnen Sie wie oben ein Diagramm mit den leichtesten Vektor-Mesonen aus  $u$ -,  $d$ - und/oder  $s$ -Quarks und deren Antiquarks. Geben Sie die Namen und Massen der Teilchen an.

### 6.3 Wellenfunktion und magnetisches Moment von Baryonen (25P)

- a) Wie lautet die Spin-Flavor-Wellenfunktion des  $\Sigma^+$ -Teilchens aus dem  $J^P = \frac{1}{2}^+$  Baryon-Oktett?

*Hinweis: Sie können die Analogie zum Proton verwenden.*

- b) Wie groß ist im Quarkmodell das erwartete magnetische Moment des  $\Sigma^+$ -Teilchens im Vergleich zum magnetischen Moment des Protons? Vergleichen Sie das Ergebnis mit Literaturwerten (z.B. PDG).

*Hinweis: Benutzen Sie  $m_u \approx m_d$  und die Konstituentenquark-Massen  $m_u = 360 \text{ MeV}/c^2$  und  $m_s = 540 \text{ MeV}/c^2$ .*

## 6.4 Masse im Quarkmodell (25P)

Zeigen Sie, dass für die Masse des  $\Sigma^0$ -Baryons ( $J^P = \frac{1}{2}^+$ ) im Quarkmodell folgende Beziehung gilt, wenn sich die Spins der zwei Nicht-Strange-Quarks zum Gesamtspin  $\mathbf{S} = 1$  kombinieren:

$$M(\Sigma^0) = 2m + m_s + \frac{k}{4} \left( \frac{1}{m^2} - \frac{4}{mm_s} \right),$$

wobei  $k$  eine Proportionalitätskonstante ist, die experimentell bestimmt werden muss, und  $m = m_u = m_d$  angenommen wird.

*Hinweis: Der Spin-Spin-Beitrag zur Masse ist  $\Delta M = k \sum_{i < j} \frac{\mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j}{m_i m_j}$  ( $i, j = 1, \dots, 3$ ). Es gelten die Regeln für Drehimpulskopplung aus der Atomphysik-Vorlesung.*