

Name:

Gruppe:

Aufgabenblatt 4 – Experimentalphysik V – WS 2010/2011

Abgabe: Do/Fr 11./12.11. 2010 (in den Übungsgruppen)

4.1 B-Mesonen (20 Punkte)

Die in der Vorlesung eingeführten K-Mesonen sind $q\bar{q}$ -Zustände, bei denen das schwerste (Anti)Quark ein s-(Strange)-Quark ist. Analog besitzen sogenannte B-Mesonen ein b-(Bottom oder Beauty)-Quark als schwerstes Quark.

a) Welche möglichen Quark-Antiquark-Kombinationen mit "Bottomness" existieren?

Hinweis: $t\bar{b}$ oder $b\bar{t}$ Zustände existieren nicht, da das Top-Quark zerfällt bevor es einen Bindungszustand eingehen kann.

b) Konsultieren Sie die Webseite der Particle Data Group (PDG) http://pdg.lbl.gov/2010/listings/contents_listings.html, um die Bezeichnung der Teilchen aus (a) zu finden.

c) Wie groß sind die Massen der neutralen B-Mesonen mit unterschiedlicher Quark-Zusammensetzung? Erklären Sie die beobachtete Massendifferenz.

4.2 Hadronen und Quantenzahlen (20 Punkte)

Jemand berichtet Ihnen, zwei 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 ist Q die Ladungszahl, A die Baryonenzahl und S, C, B die Strange-, Charm-, und Bottom-Quantenzahlen. Prüfen Sie, ob diese Hadron-Zustände mit den Erwartungen des Quark-Modells verträglich sind. Falls der Zustand existiert, geben Sie die Quarkkomposition und den Namen des Teilchens an (*Hinweis: konsultieren sie http://pdg.lbl.gov/2010/listings/contents_listings.html*). Ansonsten geben Sie eine Begründung, warum der Zustand nicht existiert.

4.3 Farbfluss (20 Punkte)

Skizzieren Sie den Feynman-Graphen für den "starken Zerfall" $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$. Es gibt verschiedene erlaubte Farbkombinationen der beteiligten Quarks. Betrachten Sie für eine gültige Farbkombination den Fluss der Farbladungen. Welche der in der Vorlesung diskutierten 8 Gluonen kommen hier als Austauschteilchen in Frage?

4.4 Erzeugung von b-Quarks in e^+e^- -Annihilationen (20 Punkte)

In e^+e^- -Annihilationen werden neben Lepton-Antileptonpaaren auch Quark-Antiquark-Paare, die als Hadronjets mit Teilchendetektoren nachweisbar sind, erzeugt. Experimentell können Hadronjets aus b-Quarkpaaren von Jets aus leichteren Quarkpaaren getrennt werden, was die Messung der $b\bar{b}$ -Produktion erlaubt. Welcher Bruchteil $R_{b\bar{b}}$ der in e^+e^- -Annihilation produzierten hadronischen Ereignisse stammen von hadronisierten $b\bar{b}$ -Paaren, wenn die e^+e^- -Schwerpunktenergie etwas oberhalb der $b\bar{b}$ -Produktionsschwelle liegt. Bei dieser Energie liefert nur die elektromagnetische Wechselwirkung einen signifikanten Beitrag zum Wirkungsquerschnitt.

4.5 Spin- und Flavorstatistik der Protonkonstituenten (20 Punkte)

Die Gesamtwellenfunktion (Ort×Flavor×Farbe×Spin) der Quarkkonstituenten eines Protons ist antisymmetrisch. Für die Orts- und für die Farb-Wellenfunktion findet man, dass sie symmetrisch bzw. antisymmetrisch ist. Daher muss die kombinierte Spin-Flavour-Wellenfunktion symmetrisch sein. Für ein Spin-up Proton lässt sich die Spin-Flavorwellenfunktion als Kombination

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_S\chi_S + \phi_A\chi_A) \quad (1)$$

schreiben, wobei die Flavor- und Spinwellenfunktionen durch

$$\phi_A = \frac{1}{\sqrt{2}}[(ud - du)u], \quad \chi_A = \frac{1}{\sqrt{2}}[(\uparrow\downarrow - \downarrow\uparrow)\uparrow] \quad (2)$$

und durch

$$\phi_S = \frac{1}{\sqrt{6}}[(ud + du)u - 2uud], \quad \chi_S = \frac{1}{\sqrt{6}}[(\uparrow\downarrow + \downarrow\uparrow)\uparrow - 2\uparrow\uparrow\downarrow] \quad (3)$$

gegeben sind. Die Indizes S und A bezeichnen die Symmetrie bzw. Antisymmetrie beim Vertauschen der ersten beiden Quarks.

- Berechnen Sie explizit die Spin-Flavor-Wellenfunktion.
- Begründen Sie, warum diese Wellenfunktion tatsächlich gegenüber der Vertauschung aller drei Quarks symmetrisch ist.