

Aufgabenblatt 4 – Experimentalphysik IV – SS18

Diskussion in den Übungen: Do./Fr., 17./18. Mai

4.1 Teilchenzoo (1 Punkt)

- a) Geben Sie drei Beispiele für jede der folgenden Klasse an Teilchen. Ordnen Sie die Teilchen innerhalb ihrer Klassen nach i) ihrer Masse und ii) ihrer Lebensdauer.

1. Hadronen 2. Mesonen 3. Leptonen
4. Austauschteilchen 5. Fermionen 6. Baryonen

- b) Klassifizieren Sie folgende Teilchen, d.h. handelt es sich um ein Hadron, Meson, Lepton, Austauschteilchen, Fermion oder Baryon, und geben Sie im Falle von Hadronen die Quarkzusammensetzung an:

geladenes Pion $\pi^\pm$, neutrales Pion π^0 , geladenes Kaon $K^\pm$, J/Ψ , Photon, Tau-Lepton τ

Hinweis: Eigenschaften von Teilchen können auf den Seiten der Particle Data Group unter pdg.lbl.gov nachgeschlagen werden.

4.2 Potential der starken Wechselwirkung (1 Punkt)

Das $J/\psi(1S)$ besteht aus einem gebundenen $c\bar{c}$ -Paar mit einem mittleren Abstand r von circa 0.5 fm. Die Charm-Quarks tragen dabei sowohl elektrische als auch Farbladungen. Die potentielle Energie aufgrund der elektromagnetischen Wechselwirkung V_{Coulomb} zwischen einem Quark und einem Antiquark ist gegeben durch

$$V_{\text{Coulomb}} = \frac{\alpha \hbar c}{r} q_1^e q_2^e,$$

wobei $\alpha = 1/137$ die elektromagnetische Kopplungskonstante, r der Abstand der beiden Quarks und $q_{1,2}^e$ die Ladungen der Quarks, gemessen in Bruchteilen der Elementarladung e , sind. Das Potential V_{color} , das auf dem Austausch von Gluonen zwischen einem Quark und einem Antiquark mit entgegengesetzter Farbladung beruht, hat die Form

$$V_{\text{color}} = -\frac{4}{3} \frac{\alpha_s \hbar c}{r} + kr,$$

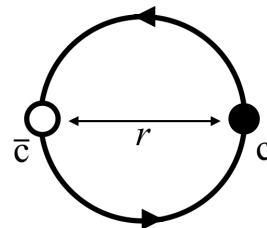
wobei $k = 1 \frac{\text{GeV}}{\text{fm}}$ den Anteil der Wechselwirkung bei großen Abständen beschreibt, welcher für den Einschluß von Quarks in Hadronen verantwortlich ist. Die Kopplungskonstante der starken Wechselwirkung ist mit α_s bezeichnet. Nehmen Sie im folgenden $\alpha_s = 0.3$ an.

- a) Skizzieren Sie das Potential der starken Wechselwirkung und bestimmen Sie den Quark-Antiquark-Abstand für den Nullpunkt des Potentials, also den Abstand, ab dem der lineare Potentialanstieg überwiegt.
- b) Berechnen Sie die Größe der aus den beiden Potentialen resultierenden Kräfte für ein $c\bar{c}$ -Paar mit einem Abstand von 0.5 fm. Welche Werte ergeben sich in SI Einheiten? Wie groß ist die Gravitationskraft bei diesem Abstand?

Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse, in dem Sie die drei Wechselwirkungen nach ihrer relativen Stärke ordnen.

Hinweis: Auch die Eigenschaften der Quarks sind auf pdg.lbl.gov gelistet.

Es gilt: $\hbar \cdot c = 0.2 \text{ GeVfm}$.



4.3 Zerfall eines K_S^0 (1 Punkt)

Das neutrale Kaon K_S^0 zerfällt mit einer Wahrscheinlichkeit von 70% in zwei geladene Pionen, i.e. $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

Ein Detektor weist zwei geladene Pionen mit Impulsen von je $500 \text{ MeV}/c$ nach, die unter einem Öffnungswinkel von $48,7^\circ$ auseinanderfliegen. Könnte es sich bei diesem Ereignis um den Zerfall eines K_S^0 handeln?

Hinweis: Berechnen Sie die invariante Masse der beiden Pionen.

4.4 Elektronenstreuung an Protonen bei HERA (1 Punkt)

Die untere Abbildung zeigt ein Ereignis tiefinelastischer Streuung eines Elektrons an einem Proton, das vom H1 Experiment am HERA Kollider am DESY aufgenommen wurde. Das gestreute Elektron ist als einzelne Spur, die im elektromagnetischen Kalorimeter endet, im unteren Teil der Abbildung zu erkennen. Der Elektronenstrahl hat eine Energie von $E_e = 27.5 \text{ GeV}$ und der Protonenstrahl $E_p = 820 \text{ GeV}$.

- Berechnen Sie den Dreierimpulsübertrag, wenn das Elektron elastisch um einen Winkel von 135° gestreut wird.
- Welche kleinste Struktur können Sie damit gerade noch auflösen?

