

Kern- und Teilchenphysik II (SS18), Übungsblatt 5

Abgabe bis Freitag, 8. Juni 2018
im Kasten „Kernphysik“ vor Raum NB 2/131

1. Aufgabe: Nachweis von Gluonen und Seequarks (2 Punkte)
Welche Indizien gibt es für die Existenz von Gluonen und Seequarks?

2. Aufgabe: Kinematik: Mandelstam-Variablen (10 Punkte)
Berechnen Sie die Mandelstam-Variablen

$$s = (p_p + p_e)^2 c^2, \quad t = (p_e - p'_e)^2 c^2$$

für die frontale Kollision eines Elektrons mit einem Proton $pe^- \rightarrow pe^-$ im Laborsystem als Funktion vom Streuwinkel θ zwischen den Impulsen des eingehenden und gesteuerten Elektrons $\angle(\vec{p}_e, \vec{p}'_e)$, der Massen m_e, m_p und Energien E_e, E_p der eingehenden Teilchen und der Energie des gestreuten Elektrons E'_e . Reduzieren Sie Ihre Ergebnisse zu möglichst einfachen Ausdrücken! Verwenden Sie als letzten Reduktionsschritt die Annahme, dass $m_p \ll E_p$ und $m_e \ll E_e$.

3. Aufgabe: Tiefinelastische Streuung von Elektronen an Protonen (19 Punkte)
Am HERA-Speicherring kollidierten Elektronen ($E_e = 27$ GeV) frontal mit Protonen ($E_p = 920$ GeV) für die Untersuchung der tiefinelastischen Streuung. Für die folgenden Berechnungen sind die in Aufgabe 2 ermittelten Formeln hilfreich.

- Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie dieser Reaktion.
- Welche Energie müsste ein Elektronenstrahl haben, der auf ein stationäres Protontarget trifft, um dieselbe Schwerpunktsenergie aufzubringen?
- Im Falle des maximalen Impulsübertrags gilt $E'_e = E_p$. Was ist der maximale Wert für den Viererimpulsübertrag Q^2 bei HERA?
- Welche Werte von Q^2 kann man bei einem Experiment mit stationärem Proton-Target und einer Strahlenergie von 300 GeV erreichen?
- Welcher räumlichen Auflösung des Protons entsprechen die Werte aus (c) und (d) jeweils?
- Geben Sie den kinematischen Bereich in Q^2 und x an, den man mit dem ZEUS-Kalorimeter erreicht. Dieses deckt einen Winkelbereich des gestreuten Elektrons von 7° bis 178° ab. Das gestreute Elektron muss dabei mindestens 5 GeV Energie besitzen, um detektiert zu werden.

4. Aufgabe: Solarer Neutrinofluss (6 Punkte)

Bei der Fusion von Wasserstoff zu Helium in der Sonne wird nur ein vernachlässigbar geringer Anteil der pro erzeugtem Heliumkern frei werdenden Energie auf die Neutrinos übertragen.

- (a) Berechnen Sie anhand der Solarkonstante den zu erwartenden solaren Neutrinofluss auf der Erde.
- (b) In welcher Größenordnung liegt der beobachtete Fluß auf der Erde?
- (c) Wegen welcher Eigenschaft der Neutrinos ist eine niedrigere Beobachtungsrate zu erwarten?

5. Aufgabe: Isospinkopplung (15 Punkte)

Schreiben Sie für die folgenden Endzustände die möglichen Gesamt-Isospin-Werte $|I I_3\rangle$ und die zugehörigen Clebsch-Gordan-Koeffizienten auf:

$$K^0 n \qquad \Lambda \pi^0 \qquad \Sigma^+ \pi^- \qquad \Sigma^0 \pi^0$$

Eine Tabelle mit den relevanten Clebsch-Gordan-Koeffizienten finden Sie auf folgender Internetseite:

<http://pdg.lbl.gov/2017/reviews/rpp2017-rev-clebsch-gordan-coefs.pdf>

Wenn Sie nachvollziehen möchten, wie sich die Werte für die Clebsch-Gordan-Koeffizienten ergeben, können Sie dies in T. Fließbach, *Quantenmechanik*, Kapitel 38 nachlesen.