

Übung Nr. 10

Diskussionsthema: Quarkmodell und Partonmodell

In diesem Zettel werden natürliche Einheiten verwendet.

Aufgabe 35. Skalare Quantenelektrodynamik (3)

In Aufgabe 31. wurden die elementaren Vertizes mit den zugehörigen Vertexfaktoren eingeführt, die die Wechselwirkung zwischen einem elektrischen Teilchen mit Spin 0 und Photonen darstellen. In dieser Aufgabe wollen wir ein paar Streuprozesse untersuchen. Die Fragen **i.** und **ii.** sind unabhängig voneinander.

i. Elastische Streuprozesse mit Pionen

a) Welche Feynman-Diagramme tragen in der skalaren QED zur führenden Ordnung zum Prozess $\pi^-(\mathbf{p}_1) + K^-(\mathbf{p}_2) \rightarrow \pi^-(\mathbf{p}_3) + K^-(\mathbf{p}_4)$ bei? Geben Sie die zugehörige(n) Amplitude(n) an. Welche Masse hat das geladene Kaon? (und prüfen Sie nach, dass es eigentlich den Spin 0 hat!)

b) Welche Feynman-Diagramme tragen in der skalaren QED zur führenden Ordnung zum Prozess $\pi^-(\mathbf{p}_1) + \pi^-(\mathbf{p}_2) \rightarrow \pi^-(\mathbf{p}_3) + \pi^-(\mathbf{p}_4)$ bei? Geben Sie die zugehörige(n) Amplitude(n) an.

ii. ... und jetzt ein inelastischer Streuprozess: $\pi^- + \pi^+ \rightarrow K^- + K^+$

...mit der üblichen Frage: Welche Feynman-Diagramme tragen zum Prozess zur führenden Ordnung in der QED bei? Geben Sie die zugehörige(n) Amplitude(n) an.

Hinweis: Das π^- ist das Antiteilchen zum π^+ und das K^- das Antiteilchen zum K^+ .

iii. Mandelstam-Variablen

In den Fragen **i.a)**, **i.b)** und **ii.** haben Sie Amplituden für verschiedene Streuprozesse gefunden. Können Sie diese Amplituden durch die Mandelstam-Variablen

$$s \equiv (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2, \quad t \equiv (\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_3)^2 \quad \text{und} \quad u \equiv (\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_4)^2$$

ausdrücken?

Hinweis: Dank der Viererimpulserhaltung können s bzw. u auch durch \mathbf{p}_3 und \mathbf{p}_4 bzw. \mathbf{p}_2 und \mathbf{p}_3 ausgedrückt werden. Nutzen Sie diese Möglichkeit, um zwei unterschiedliche Formen (eine mit \mathbf{p}_1 , die andere mit \mathbf{p}_3) für $s - u$ zu finden: dann liefert deren Summe (geteilt durch 2) einen dritten Ausdruck für $s - u$, den Sie für die Amplitude aus **i.a)** verwenden können.

Aufgabe 36. Tiefinelastische Streuung

Betrachten Sie den inelastischen Prozess $e^- + p \rightarrow e^- + X$. Sei E bzw. E' die Energie des ein- bzw. auslaufenden Elektrons und θ dessen Streuwinkel.

i. Wie hängen die Variablen Q_E^2 und x_{Bj} von E , E' und θ ab?

ii. Zeigen Sie, dass $0 \leq x_{Bj} \leq 1$ gilt.

Aufgabe 37. Summenregeln im Partonmodell

Man kann verschiedene „Summenregeln“ für die Verteilungsfunktionen der Partonen im Proton herleiten. So folgt z.B. aus der Definition des Gesamtimpulses des Protons die Gleichung (vgl. Vorlesung)

$$\int_0^1 x \sum_i f_i(x) dx = 1.$$

Betrachten Sie die Verteilungsfunktionen $u_v(x)$, $d_v(x)$, $s(x)$, $\bar{s}(x)$ und $g(x)$. Welche Regeln folgen aus der Tatsache, dass das Proton die elektrische Ladung $Q = +1$ und die Baryonenzahl $B = +1$ hat und keine Strangeness S besitzt? Warum spielen die Verteilungsfunktionen $u_s(x)$, $\bar{u}_s(x)$, $d_s(x)$, $\bar{d}_s(x)$ in diesen Summenregeln keine Rolle?