

Übung Nr. 11

Diskussionsthema: QCD und ihre Symmetrien

In diesem Zettel werden natürliche Einheiten verwendet.

Aufgabe 40. Gluon–Gluon-Streuung

Zeichnen Sie alle Feynman-Diagramme für die Gluon–Gluon-Streuung $g(\mathbf{p}_1) g(\mathbf{p}_2) \rightarrow g(\mathbf{p}_3) g(\mathbf{p}_4)$ in niedrigster Ordnung der Störungsentwicklung.

Aufgabe 41. Laufende Kopplung der QCD

Die „laufende Kopplungskonstante“ $g_s(Q_E)$ der QCD erfüllt

$$Q_E \frac{\partial g_s^2(Q_E)}{\partial Q_E} = -2b_0 g_s^4(Q_E) \quad \text{für } Q_E \gg 1 \text{ GeV}$$

mit $b_0 \equiv (11N_c - 2N_f)/48\pi^2$, wobei $N_c = 3$ die Anzahl der Farben und N_f die Anzahl der aktiven Flavours zu einer gegebenen Energie Q_E bezeichnen. Ermitteln Sie die allgemeine Lösung dieser Differentialgleichung unter der Annahme, dass N_f konstant bleibt.

Aufgabe 42. QCD-Skala

Die „QCD-Skala“ wird durch

$$\Lambda_{\text{QCD}} \equiv \lim_{Q_E \rightarrow \infty} Q_E \exp \left[-\frac{1}{2b_0 g_s^2(Q_E)} \right]$$

definiert, wobei $g_s^2(Q_E)$ die in Aufgabe 41. ermittelte laufende Kopplungskonstante der QCD ist. Experimente haben gezeigt, dass $\alpha_s(Q_E = 91 \text{ GeV}) \approx 0,12$. Welchen Wert erhalten Sie damit für Λ_{QCD} unter der Annahme, dass $N_f = 3$ gilt?

Aufgabe 43. Erzeugung von strange Hadronen in Pion– oder Kaon–Proton-Streuung

An einem Beschleuniger werden inelastische Stöße zwischen negativen Pionen (π^-) oder Kaonen (K^-) und Protonen (p) durchgeführt. Dabei können bei hinreichend hoher Schwerpunktsenergie auch strange Hadronen erzeugt werden, z.B. Λ -, Ξ -, Σ - oder Ω -Hyperonen.¹ Unter der Annahme, dass nur die QED und die starke Wechselwirkung eine Rolle spielen, schlagen Sie vor, wie Sie die folgenden Reaktionsgleichungen komplettieren könnten:

$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda + \dots \quad , \quad \pi^- + p \rightarrow \Xi^- + \dots \quad , \quad \pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + \dots \quad , \quad K^- + p \rightarrow \Omega^- + \dots$$

Benutzen Sie dabei die in der „Quarkmodell“-Vorlesung (am 21.12.) aufgelisteten Hadronen und erklären Sie Ihre Lösung.

Hinweis: Es kann immer mehrere Endzustände geben: versuchen Sie, Kanäle mit der kleinstmöglichen Anzahl an Hadronen zu finden.

¹Ein Hyperon ist ein Baryon, das mindestens ein s - (Valenz)Quark aber kein c - oder b -Quark enthält.