

## 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  $\Lambda_{\text{QCD}}$  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 ( $\pi^-$ ) oder Kaonen ( $K^-$ ) und Protonen ( $p$ ) durchgeführt. Dabei können bei hinreichend hoher Schwerpunktsenergie auch strange Hadronen erzeugt werden, z.B.  $\Lambda$ -,  $\Xi$ -,  $\Sigma$ - oder  $\Omega$ -Hyperonen.<sup>1</sup> 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.

---

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