

Übung Nr. 9

Diskussionsthema: Quarkmodell und Partonmodell

In diesem Zettel werden natürliche Einheiten verwendet.

Aufgabe 33. Hadronenerzeugung in Elektron-Positron-Streuung

Wenn die Schwerpunktsenergie \sqrt{s} der einlaufenden Teilchen viel größer als die Elektronenmasse ist, lautet der totale Wirkungsquerschnitt für die Erzeugung eines fermionischen Teilchen-Antiteilchen-Paars $f\bar{f}$

$$\sigma_{\text{tot}}(e^+e^- \rightarrow f\bar{f}) = Q_f^2 \frac{\pi}{3} \left(\frac{\alpha_{\text{e.m.}}}{\sqrt{s}} \right)^2$$

mit Q_f der elektrischen Ladung des erzeugten Fermions in Einheiten von e . In der Vorlesung wurde das Verhältnis

$$R(\sqrt{s}) \equiv \frac{\sigma_{\text{tot}}(e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen})}{\sigma_{\text{tot}}(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)} \quad (1)$$

definiert. Was wäre Ihre Vorhersage für $R(\sqrt{s})$ für $\sqrt{s} = 2 \text{ GeV}$ und $\sqrt{s} = 5 \text{ GeV}$?

Aufgabe 34. Inelastische Elektron-Positron-Streuung

Können Sie sehen, warum in Verhältnis (1) der Wirkungsquerschnitt für Hadronenerzeugung in Elektron-Positron-Streuprozessen nicht mit jenem für elastische Streuung, sondern mit dem Wirkungsquerschnitt für Myon-Paarzeugung verglichen wird?

Aufgabe 35. Tiefinelastische Streuung

Betrachten Sie den inelastischen Prozess $e^- + p \rightarrow e^- + X$, mit E bzw. E' der 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 $0 \leq x_{\text{Bj}} \leq 1$ gilt.

Aufgabe 36. 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?