

Experimentelle Elementarteilchenphysik I: Hausaufgaben

Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2017

Prof. Dr. H. Lacker

Übungsblatt 7 (Besprechung: 07.06.2017)

Aufgabe 1: Jetartigkeit

Wir betrachten in $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ die Event-Shape-Variablen Thrust (T) und Sphericity (S):

$$T = \max_{\vec{n}_T} \frac{\sum_i |\vec{p}_i \cdot \vec{n}_T|}{\sum_i |\vec{p}_i|}, \quad S = \frac{3}{2} \min_{\vec{n}_S} \frac{\sum_i |\vec{p}_i \times \vec{n}_S|^2}{\sum_i |\vec{p}_i|^2}$$

wobei \vec{n}_T, \vec{n}_S Einheitsvektoren sind, die die Jetachse annähern. Die Summation erstreckt sich über alle Teilchen des Endzustandes. Alle Betrachtungen erfolgen im e^+e^- -Schwerpunktsystem.

a) Zeigen Sie unter Vernachlässigung von Partonmassen:

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}: T = 1; \quad e^+e^- \rightarrow q\bar{q}g \text{ mit } |\vec{p}_q| = |\vec{p}_{\bar{q}}| = |\vec{p}_g|: T = 2/3;$$

$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}ggg\dots$ mit Impulsverteilung $\rho(|\vec{p}|)$ für alle Partonen und räumlich isotroper Ausstrahlung unendlich vieler Partonen bei jedem Impuls: $T = 1/2$.

b) Die QCD kann nicht zwischen einem Quark und einem kollinearen Paar gleicher Gesamtenergie, bestehend aus einem Quark und einem Gluon, unterscheiden. Diskutieren Sie die Vorhersagbarkeit von T und S auf dem Partonniveau im Rahmen perturbativer QCD-Rechnungen.

Aufgabe 2: α_s -Bestimmung aus τ -Zerfällen

a) Machen Sie sich klar, dass bei Vernachlässigung von Teilchenmassen im Endzustand, folgende Vorhersagen für die leptonischen bzw. hadronischen Verzweigungsverhältnisse des τ -Leptons in niedrigster QCD-Ordnung gelten: $BF(\tau^- \rightarrow \nu_\tau \ell^- \bar{\nu}_\ell) = \frac{1}{5}$, $BF(\tau^- \rightarrow \nu_\tau + \text{hadrons}) = \frac{3}{5}$.

b) Die Theorievorhersage in höherer QCD-Ordnung ist näherungsweise gegeben durch:

$$\frac{BF(\tau^- \rightarrow \nu_\tau + \text{hadrons})}{BF(\tau^- \rightarrow \nu_\tau \ell^- \bar{\nu}_\ell)} \approx 3 \cdot 1.02 \cdot \left(1 + \frac{\alpha_s}{\pi} + 5.2023 \left(\frac{\alpha_s}{\pi}\right)^2 + 26.366 \left(\frac{\alpha_s}{\pi}\right)^3\right).$$

Bestimmen Sie daraus α_s bei der Skala m_τ mit Hilfe der PDG-Daten für das τ -Lepton.

Aufgabe 3: α_s -Bestimmung aus Quarkonium-Zerfällen

Es gelten folgende Vorhersagen in führender Ordnung für Quarkoniumzerfälle in leichte Hadronen::

$$\Gamma(V \rightarrow 3g) = \frac{160}{81}(\pi^2 - 9) \frac{\alpha_s^3(m_V^2)}{m_V^2} |\psi(0)|^2, \quad \Gamma(V \rightarrow 2g\gamma) = \frac{128}{9}(\pi^2 - 9) \frac{\alpha_s^2(m_V^2)}{m_V^2} |\psi(0)|^2 |Q_q|^2.$$

Dabei ist V ein Vektormeson ($J^{PC} = 1^{--}$, 3S_1 -Zustand), Q_q die Ladung des Quarks q im Quarkonium und $|\psi(0)|^2$ die $q\bar{q}$ -Aufenthaltswahrscheinlichkeit am Ursprung. Weiter gilt: $\Gamma(V \rightarrow e^+e^-) = 16\pi \frac{\alpha^2}{m_V^2} |\psi(0)|^2 |Q_q|^2$.

Bestimmen Sie α_s bei $m(J/\psi)$ -Massenskala aus den gemessenen Werten für $BF(J/\psi \rightarrow \text{hadrons})$ und $BF(J/\psi \rightarrow e^+e^-)$.

Hinweis: Der J/ψ -Zerfall in Hadronen findet auch über ein virtuelles Photon statt. Schätzen Sie $BF(V \rightarrow \gamma \rightarrow \text{hadrons})$ aus $BF(J/\psi \rightarrow e^+e^-)$ ab.

Abgabe: 06.06.2017 up to 11:00 in box in front of room 1'415