

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 10

Bearbeitung bis 8.07.2013

Bitte geben Sie Ihren Namen und Ihre Tutorium-Gruppe (A-K) an.

Aufgabe 1: Parität und C-Parität

(3 Punkte)

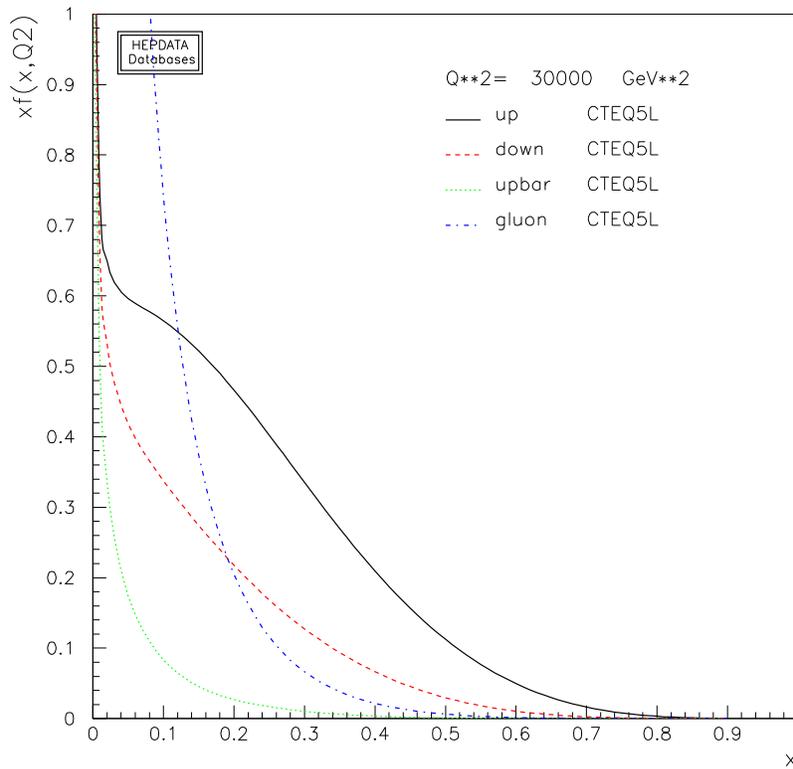
Das K^+ -Meson hat Spin 0 und zerfällt hauptsächlich durch die Reaktion $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$. Skizzieren Sie die Richtung des Impulses und des Spins von Myon und Neutrino im Ruhesystem des Kaons. Wenden Sie auf diesen Zerfallsprozess nun jeweils den Paritätsoperator P , den C -Paritätsoperator C sowie die Kombination beider Operatoren CP an und skizzieren Sie die daraus resultierenden Impulse und Spins. Welche dieser drei resultierenden Reaktionen treten nicht auf und warum?

Aufgabe 2: Top-Quarks

(7 Punkte)

Am Tevatron-Beschleuniger kollidierten Protonen und Antiprotonen bei einer Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. Dort wurde 1995 das Top-Quark ($m_t = 175$ GeV) entdeckt. Mittlerweile wurde das Tevatron stillgelegt und der einzige Beschleuniger, an dem Top-Quarks produziert werden können, ist der Large Hadron Collider (LHC) am CERN.

- Top-Quarks werden am LHC genau wie am Tevatron hauptsächlich als $t\bar{t}$ -Paare durch die starke Wechselwirkung erzeugt. Zeichnen Sie die Feynmandiagramme führender Ordnung für $t\bar{t}$ -Produktion.
- Die Schwerpunktsenergie des Parton-Parton-Systems hängt von der Bjorkenschen SkalenvARIABLE der beiden Protonen x_p (LHC) oder von der SkalenvARIABLEN von Proton x_p und Antiproton $x_{\bar{p}}$ (Tevatron) ab. Wie groß muss x mindestens sein, damit $t\bar{t}$ -Paare erzeugt werden können, wenn $x := x_p = x_{\bar{p}}$ ist? Berechnen Sie das minimale x sowohl für $t\bar{t}$ -Produktion am Tevatron ($\sqrt{s} = 1.96$ TeV) als auch für $t\bar{t}$ -Produktion am LHC (2012: $\sqrt{s} = 8$ TeV).



- c) Begründen Sie anhand der Abbildung, die die Impulsdichteverteilung der Partonen im Proton in Abhängigkeit von x zeigt, welcher der in Aufgabenteil a) ermittelten Prozesse am Tevatron und am LHC jeweils der dominante sein sollte.
- d) Das Top-Quark zerfällt praktisch sofort ($\tau = 4.7 \cdot 10^{-25}$ s), so dass sein Zerfall als Zerfall eines freien Quarks betrachtet werden kann. Über welche Wechselwirkung zerfällt das Top-Quark? Zeichnen Sie ein Feynmandiagramm und begründen Sie die kurze Lebensdauer. Warum haben b -Quarks (bzw. Hadronen mit b -Quarks) eine deutlich längere Lebensdauer von etwa $1.5 \cdot 10^{-12}$ s, die sogar größer ist als die von c -Quarks (bzw. Hadronen mit c -Quarks)?
- e) Diskutieren Sie, wie man $t\bar{t}$ -Paare in einem Detektor nachweisen kann. Welche Signaturen (Zerfallskanäle) gibt es und welche Vor- bzw. Nachteile haben diese?
- f) Um die Masse des Top-Quarks messen zu können, muss bei einem semileptonischen Zerfall des t -Quarks der Impuls des Neutrinos rekonstruiert werden. Unter der Voraussetzung, dass die Impulse aller anderen Teilchen bekannt sind, kann der Neutrinoimpuls berechnet werden. Dabei gibt es jedoch zwei mögliche Lösungen. Geben Sie die Formel für diese beiden Lösungen an.