

# Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2011

Übungsblatt Nr. 8

Bearbeitung bis 16.06.2011

---

**Aufgabe 1: Eigenparität des  $\Xi$**  (2 Punkte)

Bestimmen Sie aus der Reaktion  $\Xi^- p \rightarrow \Lambda \Lambda$  (starke Wechselwirkung) die Eigenparität des  $\Xi^-$ . Nehmen Sie an, dass das  $\Xi^-$  in einem S-Zustand eingefangen wird und dass die Spins der beiden  $\Lambda$ -Teilchen antiparallel sind. Beachten Sie, dass die Parität des Protons per Definition positiv ist und dass eine Wellenfunktion von Fermionen antisymmetrisch sein muss. Wie stehen die Spins von  $\Xi^-$  und  $p$  im Anfangszustand zueinander?

**Aufgabe 2: Isospin** (2 Punkte)

- a) Proton und Neutron bilden ein Isospin-Dublett. Bestimmen Sie die möglichen Isospinzustände ( $I$  und  $I_3$ ) von

$$p + p, \quad p + n, \quad n + n$$

Begründen Sie, weshalb das Deuteron ein Isospin-Singulett sein muss.

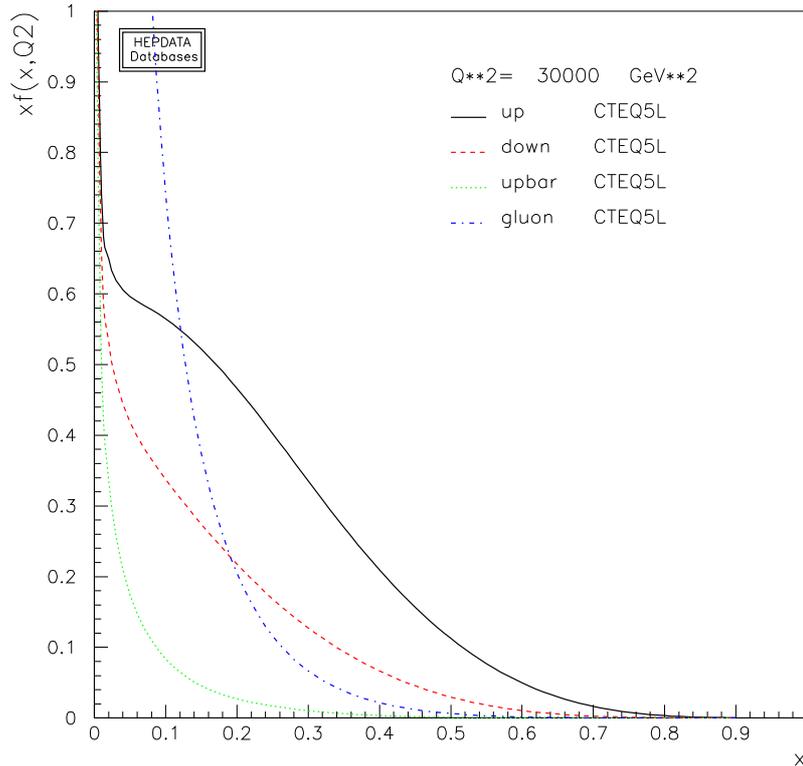
- b) Welchen Isospinzustand hat demnach  $d + \pi^+$ ,  $d + \pi^0$ ,  $d + \pi^-$ ? Ermitteln Sie unter Ausnutzung der Isospininvarianz der starken Wechselwirkung das Verhältnis

$$\sigma(pp \rightarrow d\pi^+) : \sigma(pn \rightarrow d\pi^0) : \sigma(nn \rightarrow d\pi^-)$$

**Aufgabe 3: Top-Quark-Produktion am Tevatron** (5 Punkte)

Am Tevatron-Beschleuniger kollidieren Protonen und Antiprotonen bei einer Schwerpunktsenergie von  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV. Dort wurde 1995 das Top-Quark ( $m_t = 175$  GeV) entdeckt.

- a) Top-Quarks werden am Tevatron hauptsächlich als  $t\bar{t}$ -Paare durch die starke Wechselwirkung erzeugt. Zeichnen Sie die Feynmandiagramme führender Ordnung für  $t\bar{t}$ -Produktion.
- b) Die Schwerpunktsenergie des Parton-Parton-Systems hängt von der Bjorkenschen Skalenvariable von Proton  $x_p$  und Antiproton  $x_{\bar{p}}$  ab. Wie groß muss  $x$  mindestens sein, damit  $t\bar{t}$ -Paare erzeugt werden können, wenn  $x := x_p = x_{\bar{p}}$  ist?



Begründen Sie anhand der Abbildung, die die Impulsdichteverteilung der Partonen im Proton in Abhängigkeit von  $x$  zeigt, welcher der in Aufgabenteil a) ermittelten Prozesse der dominante sein sollte. Welchen dominanten  $t\bar{t}$ -Produktionsprozess erwarten Sie am LHC-Beschleuniger, wo Protonen ( $pp$ ) bei einer Schwerpunktsenergie von 7 TeV zur Kollision gebracht werden?

- c) Das Top-Quark zerfällt praktisch sofort ( $\tau = 4.7 \cdot 10^{-25} \text{ s}$ ), 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  $1.5 \cdot 10^{-12} \text{ s}$ , die sogar größer ist als die von  $c$ -Quarks (bzw. Hadronen mit  $c$ -Quarks)?
- d) 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?
- e) 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.