

Übungen zu Experimentalphysik V
Wintersemester 2012/13
Prof. Karl Jakobs, Dr. Iacopo Vivarelli
Übungsblatt Nr. 11

Die Lösungen müssen bis 10 Uhr am Dienstag den 22.1.2013 in die Briefkästen im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

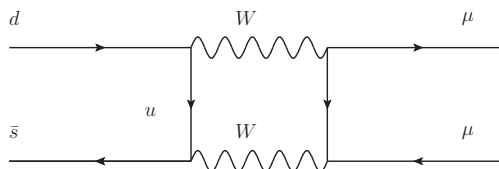
1. W-Boson

W-Bosonen können in der Proton-Antiproton Vernichtung erzeugt werden ($p\bar{p} \rightarrow W \rightarrow X$).

- (a) Geben Sie alle möglichen Zerfallsmoden des W-Bosons an. [1 Punkt]
- (b) Warum können keine hadronischen Zerfälle des W-Bosons für dessen Nachweis in Proton-Antiproton Kollisionen benutzt werden? [2 Punkte]
- (c) Aus welchem Grund wird zum Nachweis der W-Bosonen die transversale Masse $M_T(l\nu)$ benutzt? [1 Punkt]
- (d) Zeichnen Sie die Feynman-Graphen der QCD-Korrekturen erster Ordnung auf Baum-niveau (keine Schleifenkorrekturen) des Produktionsprozesses. [2 Punkte]

2. GIM Mechanismus

Betrachten Sie den Zerfall $K \rightarrow \mu^+ \mu^-$ in einem Modell mit nur drei Quarks (u, d, s), wobei $K = \bar{s}d$ ist. Dieser Zerfall hat eine kleinere Zerfallsrate ($\Gamma(K \rightarrow \mu^+ \mu^-) = 6.8 \cdot 10^{-9}$), als theoretisch im Drei-Quarkmodell erwartet wurde (vor der Entdeckung des Charm-Quarks). Bei diesem Zerfall handelt es sich um einen schwachen Zerfall, der über ein sogenanntes Box-Diagramm stattfinden kann.



- (a) Welches zusätzliche Feynman-Diagramm muss in einem Modell mit vier Quarks berücksichtigt werden? [1 Punkt]
- (b) Zeigen Sie, dass sich durch Addition der Diagramme und unter Berücksichtigung der Quarkmischung in einem Vier-Quarkmodell die Beiträge wegheben. (Betrachten Sie hierzu die an den Vertices auftretenden Kopplungen.) [1 Punkt]
- (c) Warum kompensieren sich die Diagramme in der Realität nicht exakt? [1 Punkt]
- (d) Stellen Sie ähnliche Überlegungen an, um zu zeigen, dass es keine flavour-ändernden neutralen Ströme gibt, d.h. keine Übergänge des s -Quarks in ein d -Quark durch Austausch eines Z^0 -Bosons. [2 Punkte]

3. Detektoren

Konzipieren Sie ein Fixed-Target-Experiment, das in der Lage ist, die folgende Reaktion zu untersuchen:

$$pp \rightarrow B_d^0 + X \rightarrow J/\psi (\rightarrow \mu^+, \mu^-, e^+, e^-) K_s^0 (\rightarrow \pi^+ \pi^-) + X \quad (1)$$

Das Experiment sollte in der Lage sein:

- (a) Elektronen und Myonen zu identifizieren und deren Impulse bzw. Energien möglichst präzise zu vermessen, so dass eine Rekonstruktion der invarianten J/ψ -Masse mit möglichst guter Auflösung möglich wird.
- (b) Ebenso sollte die K_s^0 -Masse aus den gemessenen Impulsen oder Energien der geladenen Pionen rekonstruiert werden können. Zur Trennung von Pionen gegenüber Kaonen soll ein Cherenkovdetektor eingesetzt werden, den Sie in ihr Experiment integrieren sollen. Überlegen Sie, an welche Position Sie diesen Detektor stellen.
- (c) Der Zerfallsvertex des B-Mesons sollte rekonstruiert werden können;

$$\tau(B_d^0) = 1.5 \text{ ps} \tag{2}$$

Zeichnen Sie den Feynman-Graphen des Zerfalls. Warum ist die Lebensdauer so groß? Nehmen Sie an, dass das B-Meson im Mittel einen Impuls von 50 GeV hat; wie groß ist die mittlere Flugstrecke des B-Mesons? Welche Detektoren können Sie einsetzen, um den Zerfallsvertex zu rekonstruieren?

[4 Punkte]