

Übungen zu Experimentalphysik V WS 2014/2015

Prof. Dr. Karl Jakobs, Dr. Karsten Köneke

Übungsblatt Nr. 11

Die Lösungen müssen bis 10:10 Uhr am Dienstag den 20.1.2015 in den Briefkasten 1 im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

Bitte geben sie die Übungsgruppennummer auf Ihren Lösungen an.

1. D -Meson

Welcher der drei Zerfälle des D^0 -Mesons

$$D^0 \rightarrow K^- \pi^+,$$

$$D^0 \rightarrow \pi^- \pi^+,$$

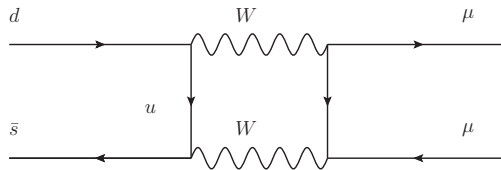
$$D^0 \rightarrow K^+ \pi^-$$

ist am wahrscheinlichsten? Zeichnen Sie für alle drei Fälle die Feynman-Graphen und begründen Sie Ihre Antwort. Welches wäre die bevorzugte Reaktion, wenn man nur auf die Energiebilanzen achten würde? [**3 Punkte**]

(Hinweis: $D^0 = (c\bar{u})$, $K^+ = (u\bar{s})$, $\pi^+ = (u\bar{d})$)

2. GIM-Mechanismus

Betrachten Sie den Zerfall $K^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ in einem Modell mit nur drei Quarks (u, d, s), wobei $K^0 = \bar{s}d$ ist. Dieser Zerfall hat eine kleinere Zerfallsrate ($\Gamma(K^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) = 6.8 \cdot 10^{-9}$), 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.



- Welches zusätzliche Feynman-Diagramm muss in einem Modell mit vier Quarks berücksichtigt werden? [**1 Punkt**]
- 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**]

Genau der hier besprochene Prozess war der Grund, warum Sheldon Lee Glashow, John Iliopoulos und Luciano Maiani (GIM) 1970 ein viertes Quark, das Charm-Quark, vorhergesagt haben.

- Warum kompensieren sich die Diagramme in der Realität nicht exakt? [**1 Punkt**]
- 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. [**1 Punkt**]

3. 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? [1 Punkt]
- 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 Baumniveau (keine Schleifenkorrekturen) des Produktionsprozesses. [1 Punkt]

W -Bosonen können auch in Proton-Proton Reaktionen erzeugt werden ($pp \rightarrow W \rightarrow X$). 2011 hat die CMS-Kollaboration ihre ersten Ergebnisse für die Produktion von W -Bosonen am Large-Hadron-Collider bei einer Proton-Proton Schwerpunktsenergie von 7 TeV publiziert (<http://link.springer.com/article/10.1007%2FJHEP01%282011%29080>)

Die folgenden Aufgabenteile werden als zusätzliche Extrapunkte gewertet.

- e) Woher kommen in diesem Fall die benötigten Antiquarks? Und warum erwartet man mehr W^+ -Bosonen als W^- -Bosonen? [1 Bonuspunkt]
- f) Was versteht man unter "Lepton-Isolation" und warum werden nur sogenannte isolierte Leptonen selektiert? [1 Bonuspunkt]
- g) Warum ist das Verhältnis der Wirkungsquerschnitte σ und Zerfallsbreiten \mathcal{B} von W^+ zu W^- , in der CMS-Publikation $R_{+/-}$ genannt, experimentell von Interesse? [1 Bonuspunkt]