

Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2017/2018,
Prof. Dr. H. Lacker, Dr. J. Dietrich, Dr. S. Mergelmeyer

Hausaufgabenblatt 11

Abgabe: 15.01.2017 bis 13:15 vor Raum NEW 15 1'413/414

Aufgabe 1: Produktion von W -Bosonen

In hochenergetischen p - p - bzw. p - \bar{p} -Kollisionen können W^\pm -Bosonen in der Quark-Antiquark-Annihilation erzeugt werden. Dabei besitzt das q und das \bar{q} in der Kollision jeweils ein Impulsbruchteil x_1 bzw. x_2 am jeweiligen (Anti-)Protonimpuls. Am $Spp\bar{S}$ -Speicherring, in dem p und \bar{p} mit jeweils 270 GeV Strahlenergie frontal aufeinander geschossen wurden, wurden die W -Bosonen 1983 erstmals nachgewiesen. Am Large Hadron Collider (LHC) wurden 2012 zwei Protonstrahlen mit jeweils 4 TeV Strahlenergie frontal aufeinander geschossen.

- Zeichnen Sie die Feynman-Diagramme niedrigster Ordnung für die Produktion von W^+ - und W^- -Bosonen und deren Zerfälle in leptonische Endzustände. Betrachten Sie für ihre Betrachtungen nur Quarkflavours unterhalb der Strangequarkmasse. (1 Punkt)
- Welche Bedingung muß das Produkt $x_1 \cdot x_2$ für die Erzeugung eines W -Bosons erfüllen? Berechnen Sie dazu die notwendige Schwerpunktsenergie des Quark-Antiquark-Systems mit Hilfe von x_1 und x_2 und der Proton-(Anti-)Proton-Schwerpunktsenergie und vernachlässigen Sie (Anti-)Protonmassen (1 Punkt)
- Wir nehmen nun an, dass das q bzw. das \bar{q} in der Kollision jeweils den gleichen Impulsbruchteil x trägt. Wie groß muß x mindestens sein, damit man W -Bosonen am $Spp\bar{S}$ bzw. am LHC produzieren kann? (1 Punkt)
- Die Valenzantiquarkverteilungen im Antiproton sind gleich den Valenzquarkverteilungen im Proton. Die Seequarkverteilungen sind in beiden Fällen gleich. Argumentieren Sie mit Hilfe der Quarkverteilungsfunktionen, warum die Wirkungsquerschnitte für W^+ - bzw. W^- -Produktion am p - \bar{p} -Speicherring gleich, aber am p - p -Speicherring verschieden sind. (1 Punkt)

Aufgabe 2: Starke, schwache und elektromagnetische Wechselwirkung

Begründen Sie, welche der folgenden Reaktionen bzw. Zerfälle über die starke, schwache oder elektromagnetische Wechselwirkung ablaufen (4 Punkte):

- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|--|
| a) $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ | b) $\pi^- p \rightarrow \Sigma^0 K^0$ | c) $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ |
| d) $K^{*0} \rightarrow K^0 \pi^0$ | e) $\Lambda \rightarrow n \pi^0$ | f) $e^+ e^- \rightarrow \tau^+ \tau^-$ |
| g) $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ | h) $\rho^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ | |

Bitte wenden!

Aufgabe 3: Erlaubte und verbotene Zerfälle von Mesonen

Isospin und Strangeness sind in Prozessen der starken Wechselwirkung erhalten. Parität (P) und Ladungskonjugation (C) sind erhalten in Prozessen der starken und elektromagnetischen Wechselwirkung. Parität und Ladungskonjugation sind multiplikative Quantenzahlen: Bei einem System aus mehreren Teilchen müssen die Paritäten und Ladungskonjugationsquantenzahlen der Teilchen multipliziert werden, wobei bei der Parität auch der relative Bahndrehimpuls zwischen den Teilchen zu berücksichtigen ist.

- a) Das η zerfällt unter anderem in zwei, aber nicht in drei Photonen. Über welche Wechselwirkung findet der Zerfall statt und was schliessen Sie daraus für $C(\eta)$? (1 Punkt)
- b) Begründen Sie, warum $\rho^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ beobachtet wird, nicht aber $\eta^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$! (2 Punkte)
- c) Das ω zerfällt unter anderem über die elektromagnetische Wechselwirkung in den Endzustand $\pi^0\gamma$. Was ist dann $C(\omega)$? (1 Punkt)
- d) Das $b_1(1235)$ hat eine Breite von 142 MeV und zerfällt fast ausschliesslich in $\omega\pi$.
Was schliessen Sie daraus für Isospin und Ladungskonjugation C ? (1 Punkt)
Was folgt für Parität P und Spin J des $b_1(1235)$, wenn der Bahndrehimpuls ℓ zwischen ω und π den Wert 0 hätte? (1 Punkt)
Wenn $J(b_1(1235)) = 0$ wäre, welcher relative Bahndrehimpuls ℓ müsste dann zwischen ω und π auftreten und was würde das für $P(b_1(1235))$ bedeuten? (1 Punkt)
Kann ein solches Teilchen im Quarkmodell der Mesonen erklärt werden? (1 Punkt)