

Experimentelle Elementarteilchenphysik 2: Hausaufgaben

Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2017

Prof. Dr. H. Lacker

Übungsblatt 8 (Besprechung: 28.06.2017)

Aufgabe 1: Landau-Yang-Theorem

Zeigen Sie mit Hilfe der Bose-Symmetrie für identische Bosonen, dass ein Boson, das in zwei reelle Photonen zerfällt, nicht Spin $J = 1$ tragen kann. Wichtig ist dabei, dass wegen seiner Massenlosigkeit ein Photon nur die Spinkomponenten $S_z = \pm 1$ bezüglich seiner Flugrichtung haben kann (Transversalität der elektromagnetischen Felder). Der Nachweis des Higgsbosonzerfalls in zwei Photonen schliesst damit $J = 1$ für das Higgsboson aus. (Tipp: Betrachten Sie dazu auch den relativen Bahndrehimpuls beider Photonen für die Werte $L = 0$ und $L = 1$, der relevant ist für die Symmetrieeigenschaft der Ortswellenfunktion unter Vertauschung der beiden Photonen. Machen Sie sich klar, dass nur $|L, L_3 \rangle = |L, 0 \rangle$ bezüglich der Photonflugrichtung möglich ist.)

Aufgabe 2: Signifikanz und Konfidenzgrenze

- a) Für eine definierte Luminosität ist die Wahrscheinlichkeit, eine Zahl n von Ereignissen für einen bestimmten Prozeß zu messen, gegeben durch die Poissonverteilung: $P(n; \mu) = \frac{\mu^n}{n!} e^{-\mu}$ mit $n = 0, \dots, \infty$. Dabei ist μ der Erwartungswert der Ereignisse für diesen Prozeß. Nach allen Selektionsschnitten einer Analyse, die nach einem neuen Prozeß H sucht, wird aus der Simulation 1 Standardmodellereignis erwartet und vier Ereignisse gemessen. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit p_0 (p -Wert, Signifikanz), dass man vier oder mehr Ereignisse misst, wenn es keine Prozesse jenseits des Standardmodells gibt, die die Selektion passieren. (Tipp: Es ist einfacher, die Wahrscheinlichkeit für weniger als vier Ereignisse auszurechnen.)
- b) Es wird nach einem neuen Prozeß H gesucht. Wenn man nur wenige oder keine Ereignisse vom H -Typ findet, bestimmt man eine obere Grenze für die im Mittel zu erwartende Zahl von H -Ereignissen. Zu einem Vertrauensniveau $\alpha \in [0, 1]$ wird die obere Grenze $\mu_{max}(\alpha)$ (Konfidenzgrenze) dadurch definiert, dass bei wiederholter Durchführung des Experiments mit Wahrscheinlichkeit α mehr Ereignisse auftreten würden als tatsächlich beobachtet wurden. Berechnen Sie $\mu_{max}(90\%)$ und $\mu_{max}(95\%)$ für null, genau ein und genau zwei Ereignisse!

Aufgabe 3: Mesonoszillationen

- a) Die Massendifferenz zwischen Masseneigenzuständen neutraler B_d^0 -Mesonen berechnet sich in führender Ordnung durch Box-Diagramme (siehe Vorlesung). Wenn mit Π_q der Quarkpropagator bezeichnet wird, wie hängt dann diese Amplitude \mathcal{M}_{12} von den CKM-Elementen und den Quarkpropagatoren ab?
- b) Zeigen Sie damit, dass wegen der Unitarität der CKM-Matrix die Oszillationsfrequenz Null ist, wenn die Massen von u -, c - und t -Quark gleich sind.

- c) Der Propagatorterm wird umso größer, je größer die Quarkmasse ist.
 Zeigen Sie, dass für Topquarkdominanz ($m_t \gg m_c, m_u$) gilt: $\mathcal{M}_{12} \propto (V_{tb}V_{td}^*)^2(\Pi_t - \Pi_u)^2$
- d) Um welchen Faktor sollten also B_s^0 -Mesonen schneller oszillieren als B_d^0 -Mesonen?
- e) Unter der Annahme, dass für B_d^0 -Mesonen $\Delta\Gamma = 0$ und $|q/p| = 1$ gilt, zeigen Sie:
 $Prob(B^0 \rightarrow B^0; t) = Prob(\bar{B}^0 \rightarrow \bar{B}^0; t) = \frac{1}{2}e^{-\Gamma t}[1 + \cos(\Delta m \cdot t)],$
 $Prob(B^0 \rightarrow \bar{B}^0; t) = Prob(\bar{B}^0 \rightarrow B^0; t) = \frac{1}{2}e^{-\Gamma t}[1 - \cos(\Delta m \cdot t)].$
- f) Falls $|q/p|$ von 1 abweicht, zeigen Sie, dass gilt: $\frac{Prob(B^0 \rightarrow \bar{B}^0; t) - Prob(\bar{B}^0 \rightarrow B^0; t)}{Prob(B^0 \rightarrow B^0; t) + Prob(\bar{B}^0 \rightarrow \bar{B}^0; t)} = \frac{|q/p|^2 - |p/q|^2}{|q/p|^2 + |p/q|^2}$
 unabhängig von t .

Abgabe: 26.06.2017 up to 13:15 in box in front of room 1'415