

Kern- und Teilchenphysik II (SS17), Übungsblatt 8

Abgabe bis Freitag, 14. Juli 2017
im Kasten „Kernphysik“ vor Raum NB 2/131

1. Aufgabe: Standardabweichung σ und p -Wert (10 Punkte)

Der p -Wert ist die Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Ergebnis x oder ein extremeres Ergebnis zu erhalten, unter der Annahme einer konkreten Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zufallsvariablen X (Nullhypothese H_0). Das entspricht dem algebraischen Ausdruck

$$p = \text{Prob}(X \geq x|H_0).$$

Die Nullhypothese entspricht im Grunde der Annahme, dass ein Extremwert auf statistische Schwankungen zurück zu führen ist. Wenn der p -Wert kleiner als das Signifikanzniveau α ist, wird die Hypothese, dass extreme Ereignis wäre zufällig aufgetreten, verworfen, es weicht also signifikant ab. In der Experimentalphysik ist es üblich den beidseitigen p -Wert

$$p = \text{Prob}(X \geq \langle X \rangle + x|H_0) + \text{Prob}(X \leq \langle X \rangle - x|H_0)$$

der Anschaulichkeit halber anhand der Standardnormalverteilung (Normalverteilung mit $\mu = 0$ und $\sigma = 1$) in Vielfachen von σ auszudrücken. Per Konvention werden die Ausdrücke *Entdeckung* für Messungen mit einer Abweichung von 3σ und *Evidenz* für Messungen mit einer Abweichung von 5σ verwendet.

- Die Dichtefunktion der Standardnormalverteilung ist durch $\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$ gegeben. Wie muss man vorgehen, um zu ermitteln, wieviel σ einem gegebenen p -Wert entsprechen?
- In anderen wissenschaftlichen Bereichen ist es üblich, bei $p \leq 5\%$ von einem signifikanten Ergebnis zu sprechen. Wieviel σ entspricht das?
- Entscheiden Sie, welche der folgenden Aussagen wahr und welche falsch sind und begründen Sie gegebenenfalls, warum die Aussagen nicht stimmen:
 - Wenn $p = 0.05$ ist, bedeutet dies, dass die Nullhypothese mit einer Wahrscheinlichkeit von 5% wahr ist.
 - Wird an Messwerte mit Gauß-verteilten Messfehlern die wahre Wahrscheinlichkeitsverteilung Funktion angepasst, schneiden die Fehlerbalcken (1σ) von etwa 68,27% der Messpunkte die Funktion.
 - Studien mit dem selben p -Wert haben die selben Evidenz.

- 2. Aufgabe:** Massenerzeugung durch spontane Symmetriebrechung (8 Punkte)
Spontane Symmetriebrechung zeichnet sich dadurch aus, dass das Potential selbst zwar symmetrisch ist, aber durch die Realisierung eines bestimmten Grundzustands die Symmetrie des Systems gebrochen wird. Auch Ferromagnetismus und der Meißner-Ochsenfeld-Effekt sind Phänomene, bei denen spontane Symmetriebrechung auftritt. Sie können in Analogie zum Higgs-Mechanismus betrachtet werden. Recherchieren Sie wie die spontane Symmetriebrechung im Falle von Ferromagnetismus und Supraleitung in Erscheinung tritt, geben Sie Ihre Quellen an und beschreiben Sie welche Festlegung bei den beiden Phänomenen der Wahl des Arguments des komplexen Feldes $\phi = \phi_1 + i\phi_2$ im Higgs-Mechanismus entspricht und wie sich daraus eine Masse ergibt.
- 3. Aufgabe:** Entdeckung des Higgs-Bosons (5 Punkte)
Das Higgs-Boson wurde im Juli 2012 gleichzeitig von den LHC-Experimenten ATLAS und CMS entdeckt. Die höchste Signifikanz ergab sich dabei für den Zerfallskanal $H \rightarrow \gamma\gamma$. Zeichnen Sie das entsprechende Feynman-Diagramm.
- 4. Aufgabe:** Helizitätsunterdrückung des Pion-Zerfalls (16 Punkte)
Erklären Sie warum der Zerfall $\pi^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$ viel wahrscheinlicher ist als der Zerfall $\pi^+ \rightarrow e^+\nu_e$, obwohl man aufgrund des zur Verfügung stehenden Phasenraums das Gegenteil erwarten würde.
Berechnen Sie den Faktor um den sich die Zerfallswahrscheinlichkeit unterscheidet. Recherchieren Sie die tatsächlichen Zerfallswahrscheinlichkeiten und berechnen Sie den sich daraus ergebenden Quotienten. *Tipp:* Betrachten Sie das Schwerpunktsystem.
Hinweis: Für massebehaftete Teilchen sind verschiedene Helizitätskomponenten möglich, sie sind proportional zu β bzw. $1 - \beta$