

Ausgabe: 10.11.2015
Fällig am: 17.11.2015
Diskussion: 20.11.2015

Institut für Experimentalphysik

Exercises to Advanced Particle Physics

WS 15/16

Roman Kogler, Peter Schleper

Blatt 4

Aufgabe 1: CP

6 Punkte

Der Ladungskonjugations-operator C ist in der Dirac-Darstellung gegeben durch

$$C = i\gamma^2\gamma^0.$$

Ein Dirac-Spinor transformiert unter Ladungskonjugation

$$\psi(t, \vec{x}) \rightarrow \psi_C(t, \vec{x}) = C\bar{\psi}^T(t, \vec{x}).$$

Die Anwendung des Paritätsoperators P ist gegeben durch

$$\psi(t, \vec{x}) \rightarrow \psi_P(t, -\vec{x}) = P\psi(t, \vec{x}) = \gamma^0\psi(t, \vec{x}).$$

a) Zeigen Sie, dass die Bilinearformen

$$\bar{\psi}\psi \quad \text{und} \quad \bar{\psi}\gamma^\mu\partial_\mu\psi$$

invariant unter Transformationen von C und P sind, und damit auch die freie Dirac-Gleichung invariant unter Ladungs- und Paritäts konjugation ist.

b) Berechnen Sie die Form der Pseudoskalar-, Vektor- und Axialvektor-Bilinearform,

$$i\bar{\psi}\gamma^5\psi \quad , \quad \bar{\psi}\gamma^\mu\psi \quad \text{und} \quad \bar{\psi}\gamma^5\gamma^\mu\psi,$$

unter C und P Transformation.

Aufgabe 2: Polarisation von Teilchen aus Schwachen Zerfällen**6 Punkte**

- a) Berechnen Sie zunächst für ein Fermion mit Impuls in $+z$ Richtung für die beiden Zustände mit positiver ($u^{(1)}$, $\lambda = +1/2$) und negativer ($u^{(2)}$, $\lambda = -1/2$) Helizität die Chiralitätskomponenten $u_L^{(1)} = P_L u^{(1)}$ und $u_L^{(2)} = P_L u^{(2)}$.
- b) Wie groß ist demnach der Ausrichtungsgrad für den Spin eines Teilchens, dass durch eine schwache Wechselwirkung entsteht:

$$\frac{W(\lambda = +1/2) - W(\lambda = -1/2)}{W(\lambda = +1/2) + W(\lambda = -1/2)}$$

Hierbei bezeichnet W eine Wahrscheinlichkeit.

- c) Ein reelles W Boson zerfällt in $W^- \rightarrow \tau^- \bar{\nu}_\tau$. Welche Chiralität hat das τ ? Berechnen Sie den Polarisationsgrad des τ .

Aufgabe 3: Magnetisches Moment: $g - 2$ **4 Punkte**

In Abbildung 3.13 auf Seite 45 im Vorlesungsskript ist die Anzahl der gemessenen Positronen mit $E > 2$ GeV im $g - 2$ Experiment gezeigt.

- a) Verwenden Sie die Zählrate um die Lebensdauer von Muonen zu bestimmen. Berücksichtigen Sie den Fehler, den Sie durch das Ablesen machen. Wie genau lässt sich die Lebensdauer bestimmen?
- b) Nehmen Sie an, dass der Ausdruck für ω_a unabhängig vom elektrischen Feld ist,

$$\omega_a = a_\mu \frac{qB}{m}.$$

Lesen Sie die Frequenz ω_a aus der Abbildung 3.13 ab und bestimmen Sie a_μ . Das mittlere Magnetfeld im $g - 2$ Experiment beträgt 1,45 T. Nach wie vielen Umläufen im Speicherring ist der Spin des Positrons anti-parallel zum Impuls ($\lambda = -1/2$), wenn er anfangs exakt parallel war ($\lambda = +1/2$)?