

Aufgabenblatt 6 – Experimentalphysik IV – SS18

Diskussion in den Übungen: Mi./Fr., 30. Mai/1. Juni

6.1 Lebensdauer und Zerfall (1 Punkt)

Im (g-2) Experiment am Brookhaven National Laboratory im Bundesstaat New York, USA, wurden Myonen in einen Speicherring mit einem Impuls von $p_\mu = 3.094 \text{ GeV}/c$ eingespeist, um deren magnetisches Moment mit hoher Genauigkeit zu messen.

- Wie groß war die Myonzerfallsrate direkt nach Einschuss der Myonen, wenn jeweils etwa 3000 Myonen eingespeist wurden?
- Der Umfang des Speicherrings betrug 45 m. Wie viele Umläufe machte ein Myon im Durchschnitt, bevor es zerfiel?

6.2 Fermi's Goldene Regel (1 Punkt)

Betrachten Sie ein spinloses Teilchen A mit der Masse m_A , welches in $A \rightarrow CC$ oder $A \rightarrow DD$ zerfallen kann. Beide Zerfälle werden durch die gleiche Wechselwirkung verursacht. Das Matrixelement sei in beiden Fällen gleich. Nehmen Sie folgende Massenverhältnisse $m_C = m_A/4$ und $m_D = m_A/8$ an.

- Verwenden Sie Fermis Goldene Regel, um das Verhältnis $r = \frac{\Gamma_{DD}}{\Gamma_{CC}}$ der Partialbreiten für die beiden Zerfälle ($A \rightarrow CC$ und $A \rightarrow DD$) zu berechnen. Die Zerfallsbreite ist definiert als $\Gamma = \hbar/\tau$.
- Nehmen Sie an, dass für den Zerfall $A \rightarrow CC$ die Partialbreite $d\Gamma_{CC} = 100 \text{ keV}$ beträgt. Die Partialbreiten addieren sich zur (totalen) Zerfallsbreite.
Was groß ist die Lebensdauer τ des Teilchens A ?

Hinweis: Verwenden Sie das Ergebnis aus der Vorlesung, dass die Partialbreite $d\Gamma \propto p_1$ ist, wobei p_1 der Impulsbetrag eines der beiden Zerfallsteilchen im Ruhesystem des Mutterteilchens ist.

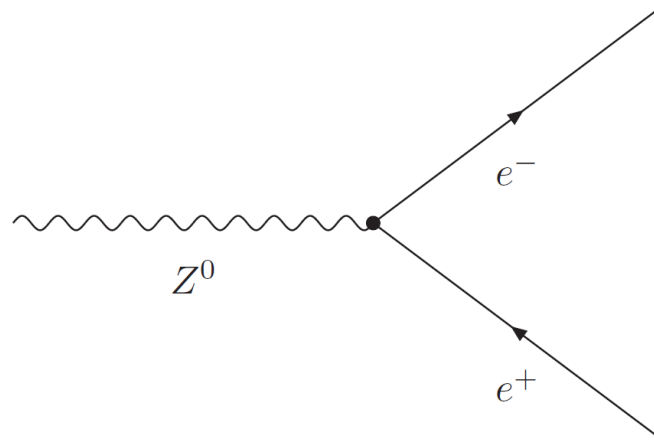
6.3 Zerfall des Z^0 Bosons (1 Punkt)

Das untenstehende Feynman Diagramm zeigt den Zerfall eines Z^0 Bosons in ein Elektron-Positron Paar. Für den Zerfall in ein $\mu^+\mu^-$ Paar, bzw. in ein $\tau^+\tau^-$ Paar existieren analoge Feynman Diagramme, das Matrixelement ist also für alle drei Zerfälle dasselbe.

Obwohl die Massen der geladenen Leptonen (l^+, l^-) sich wie $e : \mu : \tau = 0.5 : 106 : 1777$ verhalten, sind die Partialbreiten beim Zerfall $Z^0 \rightarrow l^+ + l^-$ im Rahmen der recht geringen experimentellen Unsicherheiten identisch.

Woran könnte das liegen? Berechnen Sie dazu relative Unterschiede im Phasenraum für die einzelnen Zerfälle.

Hinweis: Vernachlässigen Sie die Tatsache, dass das Z^0 Boson Spin 1 trägt.



6.4 Geladenes $\rho^\pm$ Meson (1 Punkt)

Das geladene ρ Meson hat eine relativ kurze Lebensdauer und zerfällt fast ausschließlich in ein geladenes Pion ($\pi^\pm$) und ein neutrales Pion (π^0). Die Abbildung unten zeigt das invariante Massenspektrum der Zerfallstochter, wie sie vom ALEPH Experiment am CERN aufgezeichnet wurden.

Schätzen Sie die Lebensdauer aus der Massenbreite ab.

Hinweis: Es werden auch Pionenpaare aus anderen Prozessen als dem Zerfall des ρ Mesons erzeugt. Diese interferieren quantenmechanisch, was zur leichten Asymmetrie des Signals führt.

