

Ausgabe ab:	Mittwoch, 13. Juni
Abgabe bis:	Montag, 18. Juni
Besprechung:	Donnerstag, 21. Juni

Übungsblatt 7

Aufgabe 1

3 Punkte

Das Impulsspektrum der Elektronen bzw. Positronen aus dem β -Zerfall ist durch Fermis goldene Regel gegeben:

$$N(p_e)dp_e = \frac{2\pi}{\hbar} \cdot |M_{fi}|^2 \cdot \frac{dn_e \cdot dn_\nu}{dE}$$

Dabei ist p_e der Impuls der Elektronen bzw. Positronen, M_{fi} das Übergangsmatrixelement und $dn_e dn_\nu/dE$ die Dichte der Endzustände im Phasenraumintervall dE . Da das Matrixelement nur schwach von der Energie abhängt ist das Impulsspektrum im Wesentlichen durch den Phasenraumfaktor gegeben. Berechnen Sie den Phasenraumfaktor als Funktion des Impulses bzw. der Energie des Elektrons/Positrons für masselose und für massive Neutrinos. Vernachlässigen Sie dabei die Rückstoßenergie des Tochterkerns.

Wie kann man aus der Messung des Impulsspektrums der Elektronen bzw. Positronen etwas über die Masse der (Anti-)Neutrinos lernen?

Aufgabe 2

4 Punkte

Im Povh, Kapitel 10, Aufgabe 4 wird das Verhältnis der partiellen Zerfallsbreiten des geladenen Pions in ein Elektron bzw. ein Muon und ein Neutrino berechnet. Ermitteln Sie auf analoge Weise das Verhältnis

$$\frac{\Gamma(K^+ \rightarrow e^+ \nu_e)}{\Gamma(K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu)}$$

Verwenden Sie dabei Fermis Goldene Regel: $\Gamma(K^+ \rightarrow l^+ \nu_l) \propto |M_{Kl}|^2 \rho(E_0)$.

Berechnen Sie als Funktionen der Kaonmasse $m_K = 493.6 \text{ MeV}/c^2$ und der Leptonmass m_l

- den Impuls und die Energie des geladenen Leptons
- das Verhältnis der Matrixelementsquadrate unter Verwendung der Beziehung $|M_{Kl}|^2 \propto 1 - v/c$
- das Verhältnis der Zustandsdichten $\rho_e(E_0)/\rho_\mu(E_0)$
- das Verhältnis der partiellen Zerfallsbreiten.

Vergleichen Sie das Verhältnis mit den experimentell gemessenen Verzweigungsverhältnissen von $\mathcal{B}(K^+ \rightarrow e^+ \nu_e) = \Gamma(K^+ \rightarrow e^+ \nu_e)/\Gamma = (1.55 \pm 0.07) \cdot 10^{-5}$ und $\mathcal{B}(K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu) = (63.43 \pm 0.17)\%$.

Aufgabe 3

2 Punkte

Die Reaktion $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ p$ verläuft bei einer Schwerpunktsenergie von 1232 MeV praktisch vollständig über die Bildung eines resonanten Zwischenzustandes, der Deltaresonanz $\Delta^{++}(1232)$ (Spin 3/2, Parität +1, Zerfallsbreite 120 MeV).

1. Bei welchem Impuls des einlaufenden Pions liegt das Maximum der Resonanz, wenn das Proton im Laborsystem ruht? Welche Lebensdauer hat die Deltaresonanz?
2. Bei welchem Bahndrehimpuls des $\pi^+ p$ -Systems tritt die Resonanz auf?

Aufgabe 4

1 Punkt

Das K^+ -Meson hat Spin 0 und zerfällt hauptsächlich durch die Reaktion $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$. Skizzieren Sie die Richtung des Impulses und des Spins von Myon und Neutrino im Ruhesystem des Kaons. Wenden Sie auf diesen Zerfallsprozess nun jeweils den Paritätsoperator P , den C -Paritätsoperator C sowie die Kombination beider Operatoren CP an und skizzieren Sie die daraus resultierenden Impulse und Spins. Welche dieser drei resultierenden Reaktionen treten nicht auf und warum?