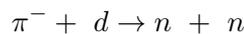


Übungen zu Experimentalphysik V
Wintersemester 2012/13
Prof. Karl Jakobs, Dr. Iacopo Vivarelli
Übungsblatt Nr. 12

Die Lösungen müssen bis 10 Uhr am Dienstag den 29.1.2013 in die Briefkästen im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

1. Paritätsbestimmung

(a) Die Reaktion



wurde experimentell beobachtet. Die Parität ist bei diesem Prozeß erhalten. Zeigen Sie, dass dann das Pion negative Eigenparität haben muss. Benutzen Sie, dass der relative Bahndrehimpuls von Pion und Deuteron verschwindet und der Spin des Pions $s(\pi)=0$, der des Deuterons $s(d)=1$ ist. Die Eigenparität der Quarks ist konventionsgemäß positiv.

(b) Das $f_0(975)$ -Meson ist eine breite Resonanz mit den Quantenzahlen $J^{PC} = 0^{++}$ (skalares Meson). Zeigen Sie, dass der Zerfall in drei Pionen wegen Paritätserhaltung verboten ist.

[4 Punkte]

2. Zerfälle

Schätzen Sie die folgenden Verhältnisse zwischen Zerfallsraten ab:

$$\frac{K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-}{K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0} \quad (1)$$

$$\frac{K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ e^- \nu}{K^- \rightarrow \pi^+ \pi^- e^- \nu} \quad (2)$$

$$\frac{\Lambda^0 \rightarrow K^- \pi^+}{\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-} \quad (3)$$

$$(4)$$

Zeichnen Sie die entsprechenden Zerfallsdiagramme und begründen Sie Ihre Antwort.

[3 Punkte]

3. Kaon-System

I Kaon-Produktion

Mit einem Pion-Strahl, der auf ein stationäres Protontarget geschossen wird, sollen durch starke Wechselwirkung neutrale K-Mesonen erzeugt werden. In einem gewissen Bereich des Pion-Impulses können nur K^0 -Mesonen, jedoch keine \bar{K}^0 -Mesonen erzeugt werden. Welchen Impuls müssen die Pionen mindestens haben, um K^0 -Mesonen erzeugen zu können, und wie sieht in diesem Fall die Reaktionsgleichung aus? Ab welchem Pion-Impuls können auch \bar{K}^0 -Mesonen erzeugt werden und über welche Reaktion?

II Kaon-Mischung

Zum Zeitpunkt $t = 0$ werden nun am Ort $x = 0$ $N_0 = 10000$ K^0 -Mesonen erzeugt, die sich mit einem Impuls von $p = p_x = 1$ GeV/c durch das Vakuum bewegen. Durch Prozesse zweiter Ordnung der schwachen Wechselwirkung wird aus dem reinen K^0 -Strahl für Zeiten $t > 0$ eine Mischung aus K^0 - und \bar{K}^0 -Mesonen. Im Folgenden soll die CP -Verletzung vernachlässigt werden, d.h. $|K_S^0\rangle = |K_1^0\rangle$ und $|K_L^0\rangle = |K_2^0\rangle$.

- (a) Zeigen Sie, dass die Anzahl von K_S^0 -, K_L^0 -, K^0 - und \bar{K}^0 - Mesonen als Funktion der Zeit t im Kaon-Ruhesystem gegeben ist durch ($\hbar = c = 1$):

$$\begin{aligned} N_{K_S^0}(t) &= \frac{N_0}{2} e^{-\Gamma_S t} \\ N_{K_L^0}(t) &= \frac{N_0}{2} e^{-\Gamma_L t} \\ N_{K^0}(t) &= \frac{N_0}{4} [e^{-\Gamma_S t} + e^{-\Gamma_L t} + 2 \cos(\Delta m t) e^{-\Gamma t}] \\ N_{\bar{K}^0}(t) &= \frac{N_0}{4} [e^{-\Gamma_S t} + e^{-\Gamma_L t} - 2 \cos(\Delta m t) e^{-\Gamma t}] \end{aligned}$$

mit

$$\Delta m = |m_S - m_L| \quad , \quad \Gamma_{S,L} = \frac{1}{\tau_{S,L}} \quad , \quad \Gamma = \frac{\Gamma_S + \Gamma_L}{2}$$

Dabei ist $m_{S/L}$ die Masse und $\tau_{S/L}$ die Lebensdauer von K_S^0 - bzw. K_L^0 -Mesonen. Verwenden Sie für die Herleitung folgenden Ansatz für die Wellenfunktion von K^0 - bzw. \bar{K}^0 -Mesonen

$$|K_{S/L}^0\rangle(t) = A_{S/L} \cdot e^{-im_{S/L}t} \cdot e^{-\Gamma_{S/L}t/2}$$

mit einem konstanten Normierungsfaktor $A_{S/L}$.

- (b) Stellen Sie die Anzahl von K_S^0 -, K_L^0 -, K^0 - und \bar{K}^0 - Mesonen graphisch für das Zeitintervall von 0 bis $2 \cdot 10^{-9}$ s dar. Welcher Strecke entspricht dieser Zeitraum? Verwenden Sie $\Delta m = 5.3 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$ (Rechnung in natürlichen Einheiten).

III Regeneration

Nach einer Strecke von 100 cm trifft der Kaon-Strahl auf ein dünnes Target mit 10^{26} Nukleonen/cm². Der Wirkungsquerschnitt für die Absorption von Kaonen beträgt bei einem Impuls von 1 GeV/c $\sigma(K^0 N) = 20$ mb bzw. $\sigma(\bar{K}^0 N) = 50$ mb. Berechnen Sie die Anzahl von K_S^0 -, K_L^0 -, K^0 - und \bar{K}^0 - Mesonen direkt vor dem Target. Welche Näherung kann man hier machen? Wieviele K_S^0 -, K_L^0 -, K^0 - und \bar{K}^0 - Mesonen erwarten Sie direkt hinter dem Absorber?

[5 Punkte]