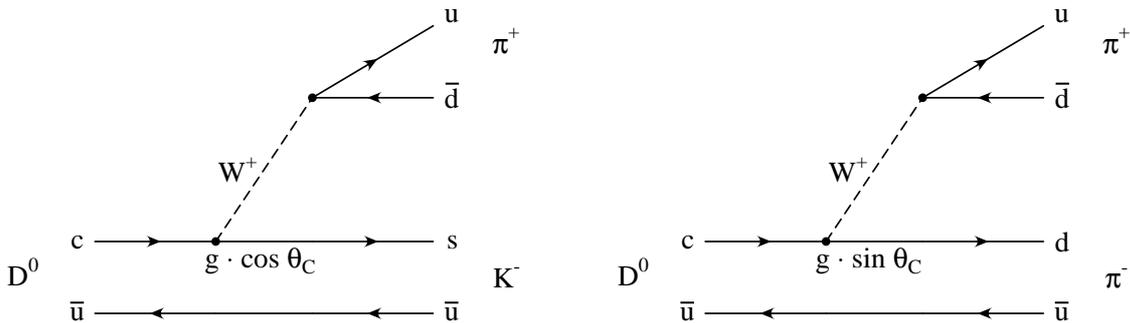


Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2011

Übungsblatt Nr. 7

Musterlösungen

Aufgabe 1: D^0 -Zerfall

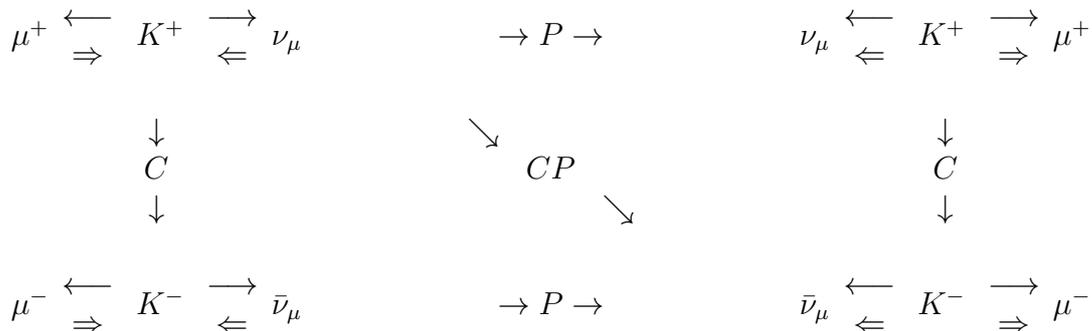


Der Zerfall in zwei Pionen ist Cabibbo-unterdrückt. Näherungsweise erwartet man:

$$\frac{\Gamma(D^0 \rightarrow K^- \pi^+)}{\Gamma(D^0 \rightarrow \pi^- \pi^+)} \approx \frac{\cos^2 \theta_C}{\sin^2 \theta_C} = \frac{1}{\tan^2 \theta_C} \approx 20$$

Aufgabe 2: Parität und C -Parität

Da das Kaon Spin 0 hat, müssen die Spins von Muon und Neutrino antiparallel sein. Außerdem muss der Spin des Neutrinos antiparallel zu seinem Impuls sein, da es linkshändig und masselos ist. Damit erhält man folgendes Bild für die Impulse \rightarrow und Spins \Rightarrow :



Der Paritätsoperator ändert die Impulsrichtung der Teilchen, nicht jedoch deren Spinausrichtung. Dadurch erhält man ein rechtshändiges Neutrino, das es laut Standardmodell nicht gibt.

Der C -Operator wandelt Teilchen in ihre Antiteilchen um, ändert die Impulse und Spins aber nicht. Somit hat man ein Antineutrino mit negativer Helizität, was experimentell nicht beobachtet wird.

Die Anwendung von P - und C -Operator zusammen ergibt jedoch wieder eine erlaubte Reaktion.

Aufgabe 3: Parität und Drehimpuls

a) Für das Quadrat der Schwerpunktsenergie s gilt:

$$\begin{aligned} s &= (\mathbf{p}_p + \mathbf{p}_\pi)^2 = (m_p + \sqrt{p_\pi^2 + m_\pi^2})^2 - p_\pi^2 = m_p^2 + 2m_p\sqrt{p_\pi^2 + m_\pi^2} + p_\pi^2 + m_\pi^2 - p_\pi^2 \\ \Rightarrow 4m_p^2(p_\pi^2 + m_\pi^2) &= (s - m_p^2 - m_\pi^2)^2 \\ \Rightarrow p_\pi &= \sqrt{\frac{(s - m_p^2 - m_\pi^2)^2}{4m_p^2}} - m_\pi^2 = 298.3 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Die Lebensdauer τ ergibt sich aus der Zerfallsbreite Γ :

$$\tau = \frac{\hbar}{\Gamma} = 5.5 \cdot 10^{-24} \text{ s}$$

Diese sehr kurze Lebensdauer zeigt, dass es sich um einen Prozess der starken Wechselwirkung handelt.

b) Das Pion hat Spin 0 und das Proton Spin 1/2. Der Gesamtspin S ist also 1/2. Um auf den Spin $J = L + S = 3/2$ der Deltaresonanz zu kommen, muss der Bahndrehimpuls L entweder 1 oder 2 sein.

Um zwischen diesen beiden Möglichkeiten zu entscheiden, wird die Parität betrachtet. Die Parität des $p\pi$ -Systems $P_{p\pi}$ setzt sich zusammen aus der Parität des Proton $P_p = +1$, der Parität des Pion $P_\pi = -1$ und der Bahndrehimpuls-komponente $(-1)^L$:

$$P_{p\pi} = P_p \cdot P_\pi \cdot (-1)^L = (-1)^{L+1}$$

D.h. für $L = 1$ ist $P_{p\pi} = +1$ und für $L = 2$ ist $P_{p\pi} = -1$. Da die Parität in der starken Wechselwirkung erhalten ist und die Deltaresonanz positive Parität hat, muss also $L = 1$ sein.

Aufgabe 4: Teilchenreaktionen

- a) $p[uud] + \pi^+[u\bar{d}] \rightarrow K^+[u\bar{s}] + \Lambda^0[uds]$
Ladung nicht erhalten
- b) $p[uud] \rightarrow n[udd] + \pi^+[u\bar{d}]$
Energie nicht erhalten ($m_p < m_n + m_\pi$)
- c) $\Lambda^0[uds] \rightarrow \pi^+[u\bar{d}] + e^- + \bar{\nu}_e$
Baryonenzahl nicht erhalten
- d) $J/\psi[c\bar{c}] \rightarrow \gamma + \gamma$
C-Parität nicht erhalten ($C_\gamma = C_{J/\psi} = -1$), Zerfall nur über W-Boxdiagramm möglich
- e) $\nu_\mu + p[uud] \rightarrow \mu^+ + n[udd]$
Leptonenzahl nicht erhalten
- f) $e^- + \gamma \rightarrow e^-$
Energie- und Impulserhaltung nicht erfüllt (für freie e^-)
- g) $p[uud] + K^-[\bar{u}s] \rightarrow \Sigma^+[uus] + \pi^-[\bar{u}d] + \pi^+[u\bar{d}] + \pi^-[\bar{u}d] + \pi^0[(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}]$
Starke Wechselwirkung (Strangeness und Isospin erhalten)
- h) $\bar{\Sigma}^0[\bar{u}\bar{d}\bar{s}] \rightarrow \bar{\Lambda}^0[\bar{u}\bar{d}\bar{s}] + \gamma$
Elektromagnetische Wechselwirkung (Photon)
- i) $n[udd] + p[uud] \rightarrow \Lambda^0[uds] + K^0[d\bar{s}] + p[uud]$
Starke Wechselwirkung (Strangeness und Isospin erhalten)
- j) $J/\psi[c\bar{c}] \rightarrow \mu^+ + \mu^-$
Elektromagnetische Wechselwirkung ($\gg Z^0$ -Beitrag)
- k) $K^-[\bar{u}s] \rightarrow \pi^-[\bar{u}d] + \pi^0[(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}]$
Schwache Wechselwirkung (Änderung der Strangeness)
- l) $\tau^- \rightarrow \pi^-[\bar{u}d] + \nu_\tau$
Schwache Wechselwirkung (Neutrino)
- m) $\nu_e + p[uud] \rightarrow e^- + \pi^+[u\bar{d}] + p[uud]$
Schwache Wechselwirkung (Neutrino)
- n) $\pi^0[(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}] \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$
Elektromagnetische Wechselwirkung (Photon)
- o) $\bar{\Delta}^0[\bar{u}\bar{d}\bar{d}] \rightarrow \bar{n}[\bar{u}\bar{d}\bar{d}] + \pi^0[(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}]$
Starke Wechselwirkung (Strangeness und Isospin erhalten)