

Aufgabenblatt 9 – Experimentalphysik IV – SS18

Diskussion in den Übungen: Do./Fr., 21./22. Juni

9.1 Isospin (1 Punkt)

Die Baryonresonanz Λ_c^{*+} (Quarkinhalt: $|cdu\rangle$) ist ein Isospin-Singulett ($I = 0$). Kinematisch sind die beiden Zerfälle

$$\Lambda_c^{*+} \rightarrow \Lambda_c^+ + \pi^0$$

und

$$\Lambda_c^{*+} \rightarrow \Lambda_c^+ + \pi^+ + \pi^-$$

möglich. Dabei ist das Baryon Λ_c^+ ebenfalls ein Isospin-Singulett ($I = 0$). Einer dieser beiden Zerfälle ist jedoch über die starke Wechselwirkung verboten. Welcher? Begründen Sie Ihre Antwort.

Musterlösung:

Da das Λ_c^{*+} als Iso - Singulett den Isospin $I = 0$ hat und starke Zerfälle den Isospin erhalten, kommt der Endzustand $\Lambda_c^+ \pi^0$ nicht in Frage: Auch das Λ_c^+ hat $I = 0$, das Pion aber $I = 1$. Der zweite Zerfall ist möglich, da die beiden Pionen mit $I_3 = +1$ und $I_3 = -1$ zu $I = 0$ koppeln können.

9.2 Zerfälle der Vektormesonen mit Strangeness oder Charm (1 Punkt)

Die leichtesten Spin-1 Mesonen (Vektormesonen) mit Strangeness, $K^*(892)$, zerfallen zu nahezu 100% in $K\pi$ -Enzustände, siehe <http://pdg.lbl.gov/2016/tables/rpp2016-tab-mesons-strange.pdf>. Dort ist nicht angegeben, wie sich die Zerfälle beispielsweise des K^{*+} in $K^+ \pi^0$ und $K^0 \pi^+$ aufteilen, denn das ergibt sich eindeutig aus den Clebsch-Gordan-Koeffizienten für den Isospin.

- Bestimmen Sie mit Hilfe der Clebsch-Gordan-Koeffizienten, siehe <http://pdg.lbl.gov/2011/reviews/rpp2011-rev-clebsch-gordan-coefs.pdf>, die Verzweungsverhältnisse $BR(K^{*+} \rightarrow K^+ \pi^0)$ und $BR(K^{*+} \rightarrow K^0 \pi^+)$.
- Betrachten Sie nun die Zerfälle der Charm-Vektormesonen $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+$, $D^{*+} \rightarrow D^+ \pi^0$, und $D^{*0} \rightarrow D^0 \pi^0$; <http://pdg.lbl.gov/2016/tables/rpp2016-tab-mesons-charm.pdf>. Inwieweit kann die Überlegung zu den K^* -Mesonen übertragen werden?

Musterlösung:

- Das $K^{(*)+}$ ($u\bar{s}$) hat $I, I_3 = 1/2, 1/2$, das K^0 ($d\bar{s}$) $I, I_3 = 1/2, -1/2$, für π^+ und π^0 sind $I = 1$ und $I_3 = 1$ bzw. 0. Wir suchen also Koeffizienten der untenstehenden Tabelle und lesen in der mit

$1 \times 1/2$		$3/2$	$3/2 \quad 1/2$	
		$+3/2$		
$+1$	$+1/2$	1	$+1/2$	$+1/2$
$+1 \quad -1/2$		$1/3 \quad 2/3$	$3/2 \quad 1/2$	
		$0 \quad +1/2$		
$0 \quad +1/2$		$2/3 \quad -1/3$	$-1/2 \quad -1/2$	
		$0 \quad -1/2$		
$-1 \quad +1/2$		$2/3 \quad 1/3$	$3/2$	
		$-1 \quad +1/2$		
2×1		3	$-1 \quad -1/2$	
		$+3$		
3		2	1	
		1		

$1/2, +1/2$ überschriebenen Spalte:

$$|1/2, +1/2\rangle = \sqrt{2/3} \cdot | +1 \rangle | -1/2 \rangle - \sqrt{1/3} \cdot | 0 \rangle | +1/2 \rangle$$

D.h.: zu $2/3$ zerfällt das $K^{(*)+}$ in $K^0 \pi^+$, zu $1/3$ in $K^+ \pi^0$.

- b) In erster Näherung ist die Situation gleich, denn die Isospin-Quantenzahlen sind dieselben, z.B. $I, I_3 = 1/2, 1/2$ für D^{*+} . Entsprechend ist der Zerfall in $D^0\pi^+$ etwa doppelt so häufig wie der in $D^+\pi^0$.

Zur Diskussion: Die Relation ist aber nicht exakt, und die beiden ergänzen sich nicht zu 100%.

- c) **Zur Diskussion:**

Warum kommt der Zerfall $D^{*0} \rightarrow D^+\pi^-$ nicht vor?

Mit $m(D^{*0}) = 2007$ MeV, $m(D^+) = 1870$ MeV und $m(\pi^-) = 140$ MeV ist der Zerfall energetisch nicht möglich.

- d) **Zur Diskussion:**

Warum spielen $D\gamma$ -Endzustände eine Rolle?

Auch bei den anderen Zerfällen ist die freiwerdende kinetische Energie sehr klein, z.B. für $D^{*0} \rightarrow D^0\pi^0$: $m(D^0) = 1865$ MeV und $m(\pi^0) = 135$ MeV, $\Delta m = 7$ MeV. Damit ist der Phasenraum ebenfalls klein, so dass seltene Kanäle konkurrenzfähig sind, d.h. vergleichbare Partialbreiten haben.

9.3 Auswirkungen der diskreten Transformationen C, P, und T auf Observable (1 Punkt)

Geben Sie in der untenstehenden Tabelle anhand der Symbole + und – an, wie die physikalischen Größen sich unter den diskreten Transformationen C (Ladungskonjugation), P (Raumspiegelung) und T (Zeitumkehr) verhalten. *Hinweis:* Um das Verhalten des elektrischen und des magnetischen Feldes zu untersuchen, können Sie sich vorstellen, wie sich ein System mit elektrischen Ladungen verhält, das dieses Feld produziert.

Physikalische Größe	C	P	T
Raumkoordinate $\vec{r}$			
Impuls $\vec{p}$			
Drehimpuls $\vec{l}$			
Spin $\vec{s}$			
"Helizität" $h = \vec{l} \cdot \hat{p}$			
Elektrische Ladung q			
Leptonenzahl $L, L_{e,\mu,\tau}$			
Baryonenzahl A			
Projektion des Isospins I_3			
Elektrisches Feld $\vec{E}$			
Magnetisches Feld $\vec{B}$			
Magnetisches Dipolmoment $\vec{\mu}$			
Elektrisches Dipolmoment $\vec{d}$			

Musterlösung:

Physikalische Größe	C	P	T
Raumkoordinate $\vec{r}$	+	-	+
Impuls $\vec{p}$	+	-	-
Drehimpuls $\vec{l}$	+	+	-
Spin $\vec{s}$	+	+	-
"Helizität" $h = \vec{l} \cdot \hat{p}$	+	-	+
Elektrische Ladung q	-	+	+
Leptonenzahl $L, L_{e,\mu,\tau}$	-	+	+
Baryonenzahl A	-	+	+
Projektion des Isospins I_3	-	+	+
Elektrisches Feld $\vec{E}$	-	-	+
Magnetfeld $\vec{B}$	-	+	-
Magnetisches Dipolmoment $\vec{\mu} \propto q \cdot \vec{s}$	-	+	-
Elektrisches Dipolmoment $\vec{d} = q \cdot \vec{r}$	-	-	+

9.4 P- und C- Verletzung im Zerfall des τ -Leptons (1 Punkt)

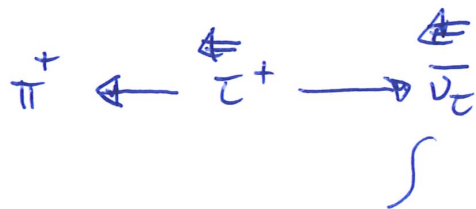
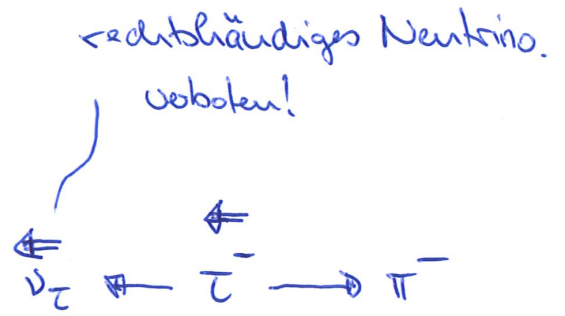
Das τ -Lepton zerfällt durch die schwache Wechselwirkung in ein Pion und ein τ -Neutrino:

$$\tau^- \rightarrow \pi^- + \nu_\tau.$$

- Skizzieren Sie den Zerfall im Schwerpunktsystem des τ -Leptons. Geben Sie unter der Annahme, dass an der schwachen Wechselwirkung nur linkshändige Teilchen (d.h. Spin- und Impulsvektoren sind entgegengerichtet) bzw. rechtshändige Antiteilchen teilnehmen, die Spineinstellungen des oben skizzierten Zerfalls an.
- Wenden Sie nun auf diesen Zerfall separat die Ladungskonjugation C und die Paritätsoperation P an und zeigen Sie, dass dies zu Diagrammen führt, die in der Natur nicht realisiert sind.
- Wenden Sie auf den Zerfall die kombinierte Operation CP an und zeigen Sie, dass dies zu einem möglichen Diagramm führt.
- Wenden Sie schließlich auf den Zustand aus Teilaufgabe c) nach CP Operation zusätzlich noch die Zeitumkehr T an.

Musterlösung:

Aufgabe 9.4



linkshändiges
Anti-Neutrino: verboten!



$\pi^\pm$: Spin 0

$\tau^\pm, \nu_\tau$: Spin $1/2$



Reaktion: $\bar{\nu}_\tau + \pi^+ \rightarrow \tau^+$

