

Kern- und Teilchenphysik

Übung VI

Prof. Markus Schumacher, Dr. Henrik Nilsen

7. - 11.6.2010

Anwesenheitsaufgaben

Aufgabe 31 *Erhaltungssätze*

Diskutieren Sie anhand von Erhaltungssätzen, welche der folgenden Reaktionen möglich oder unmöglich sind. Welche Wechselwirkungen könnten jeweils beteiligt sein, für die Prozesse, die möglich sind?

$$\begin{aligned}\mu^+ &\rightarrow \pi^+ \bar{\nu}_\mu \\ \tau^+ &\rightarrow \rho^+ \bar{\nu}_\tau \\ p\pi^+ &\rightarrow pp \\ e^- &\rightarrow \nu_e \gamma \\ \pi^- p &\rightarrow K^0 n \\ \pi^0 &\rightarrow e^- e^+ \gamma \\ \tau^- &\rightarrow \pi^0 e^- \nu_\mu \\ \pi^+ &\rightarrow \gamma e^+ \nu_e \\ n &\rightarrow p\pi^0\end{aligned}$$

Aufgabe 32 *Mesonen, Baryonen und Quarks*

- (i) Wie viele verschiedene Mesonen kann man aus 1,2,3,4,5,6 verschiedene Quarksorten konstruieren?
Was ist die allgemeine Gleichung für n Quarks? (Wir vernachlässigen Spin.)
- (ii) Wie viele verschiedene Baryonen kann man aus 1,2,3,4,5,6 verschiedene Quarksorten konstruieren?
Was ist die allgemeine Gleichung für n Quarks? (Wir vernachlässigen Spin.)

Hausaufgaben

Aufgabe 33 *Erhaltungssätze Teil 2*

4 Punkte

Diskutieren Sie anhand von Erhaltungssätzen, welche der folgenden Reaktionen möglich oder unmöglich sind. Welche Wechselwirkungen könnten jeweils beteiligt sein, für die Prozesse, die möglich sind?

$$\begin{aligned}e^- p &\rightarrow n \nu_e \\e^+ e^- &\rightarrow p \bar{n} \pi^- \\ \pi^0 &\rightarrow \mu^- \mu^+ \\ p \pi^- &\rightarrow \Lambda \\ \tau^- &\rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0 \nu_\tau \\ \tau^+ &\rightarrow \mu^+ \gamma \\ \Lambda &\rightarrow n \pi^+ \\ e^+ e^- &\rightarrow p \pi^0\end{aligned}$$

Aufgabe 34 *Relativistische Kinematik und Erhaltungssätze*

4 Punkte

Um Antiprotonen zu erzeugen, werden Protonen auf ein feststehendes Wasserstofftarget geschossen.

- (i) Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf, die es erlaubt Antiprotonen mit minimaler Anfangsenergie des einlaufenden Protons zu erzeugen.
- (ii) Berechnen Sie die Schwellenenergie für diesen Prozess.

Aufgabe 35 *β -Zerfall*

3 Punkte

In der Zeit vor der Entdeckung des Neutrons gab es ein Kernmodell, das besagte dass der Atomkern aus Protonen und Elektronen besteht, und das Z gleich dem Protonenüberschuss ist. Ein Argument für dieses Modell war die β -Strahlung: "wenn Elektronen vom Kern abgestrahlt werden, müssten dann nicht auch Elektronen einen Bestandteil des Kerns sein"? Schätzen Sie anhand der heisenbergschen Unschärferelation die minimale kinetische Energie eines Elektrons im Kern. Ist dieses Kernmodell mit Messungen von β -Zerfällen kompatibel? (Elektronen aus Tritium Zerfall (${}^3_1T \rightarrow {}^3_2He + e^- + \bar{\nu}_e$) haben eine gemessene maximale kinetische Energie von 18.6 keV.)

Aufgabe 36 *Zerfälle von Baryonen aus dem Baryondekuplett*

5 Punkte

Mitglieder des Baryondekupletts zerfallen meistens mittels der starken Wechselwirkung nach ungefähr 10^{-23} Sekunden in ein leichteres Baryon aus dem Baryonoktett und ein Meson aus dem Mesonoktett. Bestimmen Sie alle möglichen solche Zerfälle für Δ^- , Σ^{*+} und Ξ^{*-} . Hinweis: Siehe Abb. 1. Achten Sie auf Erhaltung der Quantenzahlen Q und S . Für erlaubte Zerfälle müssen auch die Summe der Massen der Endzustandsteilchen kleiner sein als die Masse des ursprünglichen Baryons.

Aufgabe 37 Masse der Ω^-

4 Punkte

Gell-Mann postulierte 1962 das Ω^- Teilchen. Dieses Baryon fehlte um das Baryondekuplett zu komplettieren.

- (i) Nutzen Sie, wie Gell-Mann, folgende postulierte Masserelation zusammen mit den gemessenen Massen der Δ , Σ^* und Ξ^* Baryonen um die Masse des Ω^- Baryons abzuschätzen:

$$m_{\Delta} - m_{\Sigma^*} = m_{\Sigma^*} - m_{\Xi^*} = m_{\Xi^*} - m_{\Omega^-}. \quad (1)$$

Vergleichen Sie diesen Wert mit der gemessenen Ω^- Masse.

- (ii) Welche Zerfälle von Ω^- via der starker Wechselwirkung sind analog zur vorigen Aufgabe erlaubt? Welchen Einfluss hat die Antwort auf die mittlere Lebensdauer des Ω^- Baryons verglichen mit den anderen Baryonen im Dekuplett?

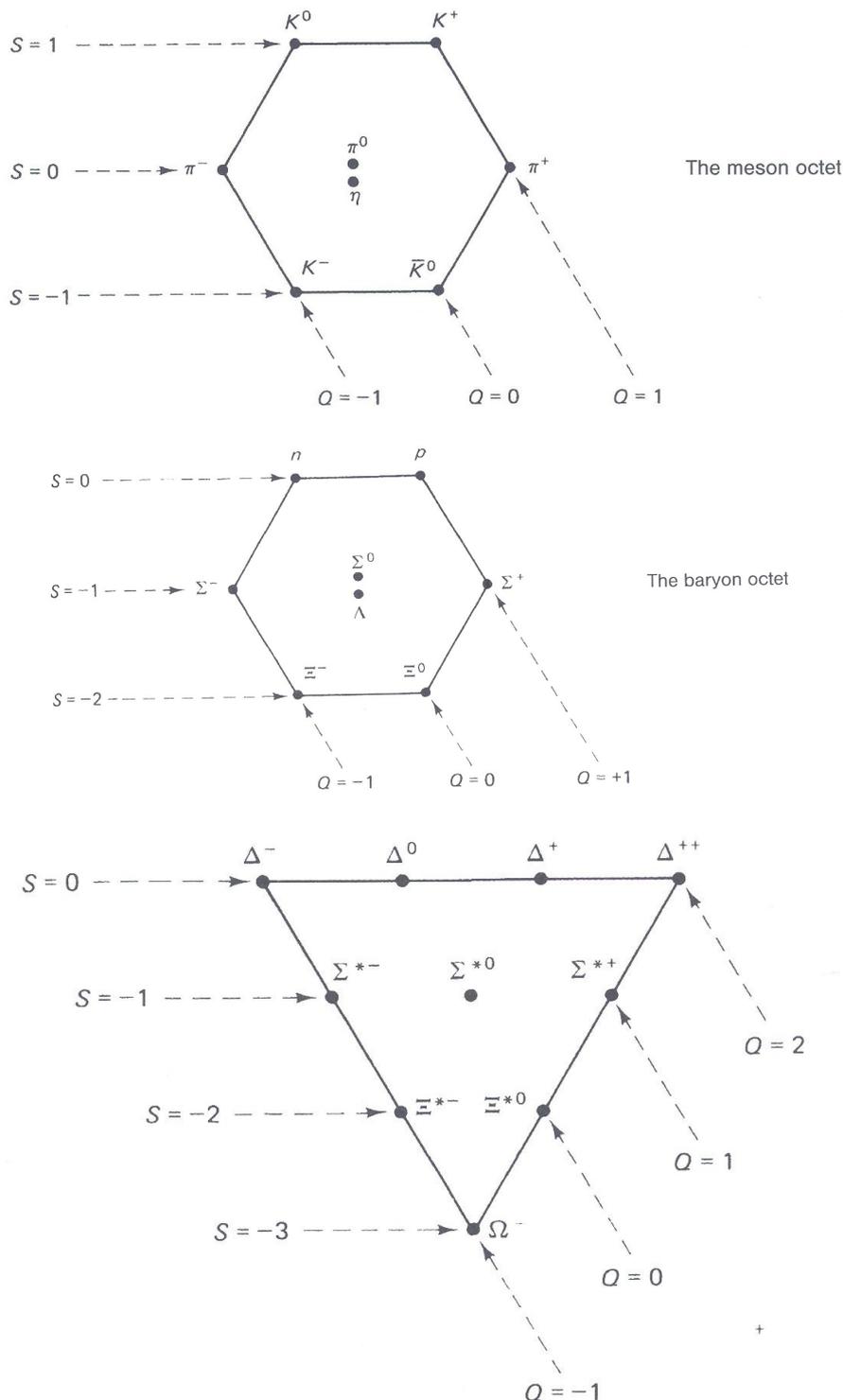


Abbildung 1: Meson-Oktett (oben), Baryon-Oktett (Mitte) und Baryon-Dekuplett (unten).

e^\pm	0.511	MeV
μ^\pm	105.7	MeV
τ^\pm	1777	MeV
ν_e^\pm	< 2.2	eV
ν_μ^\pm	< 0.17	MeV
ν_τ^\pm	< 15.5	MeV
γ	0	
g	0	
Z^0	91.2	GeV
W^\pm	80.4	GeV
π^0	135	MeV
π^\pm	140	MeV
K^\pm	494	MeV
K^0/\bar{K}^0	498	MeV
η	548	MeV
ρ^0	775	MeV
ρ^\pm	775	MeV
ω^0	783	MeV
ϕ^0	1019	MeV
p	938	MeV
n	940	MeV
Λ^0	1116	MeV
Σ^+	1189	MeV
Σ^0	1193	MeV
Σ^-	1197	MeV
Ξ^0	1315	MeV
Ξ^-	1322	MeV
Δ^-	1232	MeV
Δ^0	1232	MeV
Δ^+	1232	MeV
Δ^{++}	1232	MeV
Σ^{*-}	1387	MeV
Σ^{*0}	1384	MeV
Σ^{*+}	1383	MeV
Ξ^{*-}	1535	MeV
Ξ^{*0}	1532	MeV
Ω^-	1672	MeV

Tabelle 1: Massen, von oben: Leptonen, Vektorbosonen, Mesonoktett, Baryonoktett, Baryondekuplett.