

Name:  
Matrikel-Nr.:

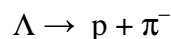
## Klausur zur Vorlesung „Kern- und Teilchenphysik“ WS 2005/6

02. Februar 2006, Hörsaal B, 12:15 – 14:15 h

**Gesamtpunktzahl. 25. Als Hilfsmittel sind zugelassen: Taschenrechner, Lineal und Skript sowie 2 A4-Bögen mit Formeln!**

- 1) Ein Teilchen der Masse  $M$  zerfällt in Ruhe in zwei Teilchen von gleicher Masse  $m$ . Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Zerfallsprodukte. Wie sehen die Zahlen für den Zerfall von  $\rho^0$  ( $M = 770 \text{ MeV}/c^2$ ) in zwei geladene Pionen ( $m = 140 \text{ MeV}/c^2$ ) aus? **(2 P)**

- 2) Das Lambda-Teilchen ( $\Lambda$ ) ist ein neutrales Baryon ( $M = 1116 \text{ MeV}/c^2$ ), das mit einer Lebensdauer von  $2.6 \times 10^{-10} \text{ s}$  in ein Nukleon und ein Pion zerfällt. Es wurde erstmals im Flug in einer Nebelkammer beobachtet über seinen geladenen Zerfallskanal:



Die Identität, Ladung und Impulse der Teilchen werden aus Messungen der Bahnlänge und des Krümmungsradius im Magnetfeld bestimmt. Zeigen Sie, dass wenn der Winkel  $\theta$  zwischen den beiden Spuren gemessen wird, die Masse  $M$  des unbeobachteten zerfallenden Teilchens bestimmt werden kann aus ( $m_1$  und  $m_2$  Massen der Zufallsprodukte):

$$M^2 c^4 = m_1^2 c^4 + m_2^2 c^4 + 2 E_1 E_2 - 2 p_1 p_2 c^2 \cos \theta$$

$p_1$  und  $p_2$  sind die Längen der 3-Impulse der Zerfallsprodukte. Verwenden Sie Energie-Impulserhalt und Invarianz des Skalarprodukts zweier 4-Vektoren. **(2 P)**

- 3) Ein Strahl geladener Protonen, Kaonen und Pionen mit Impuls  $1 \text{ GeV}/c$ , durchläuft zwei Čerenkov-Zähler hintereinander. C1 ist mit Wasser gefüllt ( $n = 1.33$ ), C2 mit Gas unter Druck ( $n = 1.05$ ). In welchen Zählern lösen die genannten Teilchen ein Signal aus? Die Massen dieser Teilchen sind:  $938 \text{ MeV}/c^2$  (Pion). **(4 P)**

Name:

Matrikel-Nr.:

4) a) Welche der folgenden Prozesse der starken Wechselwirkung sind erlaubt?

Wenn eine Reaktion verboten ist, begründen Sie dies.

1)  $\bar{p} + p \rightarrow \pi^0 + n$

2)  $\pi^- + p \rightarrow K^0 + n$

3)  $p + p \rightarrow \pi^+ + n + n$

4)  $\bar{p} + p \rightarrow \pi^0 + \pi^+ + \pi^-$

5)  $K^- + p \rightarrow \pi^0 + \Lambda^0$

b) Welche der folgenden Zerfallsprozesse sind erlaubt?

Falls ein Zerfall erlaubt ist, geben Sie die Wechselwirkung an. Falls ein Zerfall verboten ist, erklären Sie warum.

1)  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$

2)  $n \rightarrow p + \pi^-$

3)  $\Delta^- \rightarrow n + \pi^-$

4)  $K^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$

5)  $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^0 + \pi^0$

**(4 P)**

5) Ein angeregter  $^{57}\text{Fe}$ -Kern ( $E_a=14.4$  keV) geht unter Aussendung eines  $\gamma$ -Quants in den Grundzustand über.

a) Welche Energie haben  $\gamma$ -Quant und  $^{57}\text{Fe}$ -Kern nach der Emission?

b) Mit welcher Doppler-Geschwindigkeit und in welche Richtung (bezogen auf die Flugrichtung des  $\gamma$ -Quants müsste sich der  $^{57}\text{Fe}$ -Kern bewegen, damit die  $\gamma$ -Energie gleich der Zerfallsenergie ist?

**(3 P)**

Name:

Matrikel-Nr.:

- 6) Die Spaltbarrieren für  $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$  weichen nur wenig voneinander ab und betragen etwa 6 MeV.

Untersuchen Sie mit Hilfe der Weizsäcker'schen Massenformel, für welches Isotop neutroneninduzierte Spaltung mit thermischen Neutronen möglich ist und begründen Sie das Ergebnis. **(4 P)**

- 7) Zwei harte Kugeln mit den Radien  $R_1$  und  $R_2$  stoßen elastisch.

Wie groß sind differentieller  $d\sigma/d\Omega$  und totaler Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  für die elastische Streuung ( $V(r)=+\infty$  für  $r \leq R_1 + R_2$ ,  $V=0$  sonst)?

(Hinweis: Betrachte den Zusammenhang zwischen Stoßparameter  $b$  und Streuwinkel  $\vartheta$  und benutze den Zusammenhang  $d\sigma/d\Omega = |db/d\vartheta| b/\sin\vartheta$ .) **(3 P)**

- 8) Geht ein „Mössbauer-Kern“ durch Emission eines  $\gamma$ -Quants von einem angeregten Zustand mit der Zerfallswahrscheinlichkeit  $\lambda$  in den Grundzustand über (Anzahl solcher Kerne  $N_1$ ), so kann ein Teil dieser Strahlung von Kernen der gleichen Art im Grundzustand durch resonante Absorption angeregt werden und wieder mit der gleichen Zerfallswahrscheinlichkeit durch Emission von  $\gamma$ -Strahlung (oder alternativ Prozessen) in den Grundzustand übergehen (Anzahl solcher Kerne  $N_2$ ) (Beispiel dazu  $^{57}\text{Fe}$ -Kern, siehe andere Aufgabe).

- a) Wie ist der zeitliche Verlauf der Intensität der reemittierten Strahlung (proportional  $N_2$ ) in dieser speziellen „Zerfallskette mit gleichen Zerfallskonstanten“  $N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_3$ ?
- b) Zu welchem Zeitpunkt ist die Intensität maximal?

(Hinweis: Benutze die allgemeine Lösung des allgemeinen linearen Differentialgleichungssystems  $N_2(t) = \lambda_1 N_1(0) [(\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t))] / (\lambda_2 - \lambda_1)$ , führe  $\lambda_1 = \lambda_2 - \varepsilon$  ein und bilde den Grenzwert  $\varepsilon$  gegen Null.) **(3 P)**