

Name:
Matrikel-Nr.:

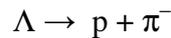
Klausur zur Vorlesung „Kern- und Teilchenphysik“ WS 2005/6

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 ρ^0 ($M = 770 \text{ MeV}/c^2$) in zwei geladene Pionen ($m = 140 \text{ MeV}/c^2$) aus? **(2 P)**

- 2) Das Lambda-Teilchen (Λ) 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 θ 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}Fe -Kern ($E_a=14.4$ keV) geht unter Aussendung eines γ -Quants in den Grundzustand über.

a) Welche Energie haben γ -Quant und ^{57}Fe -Kern nach der Emission?

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

(3 P)

Name:

Matrikel-Nr.:

- 6) Die Spaltbarrieren für ^{235}U und ^{238}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 σ 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 ϑ und benutze den Zusammenhang $d\sigma/d\Omega = |db/d\vartheta| b/\sin\vartheta$.) **(3 P)**

- 8) Geht ein „Mössbauer-Kern“ durch Emission eines γ -Quants von einem angeregten Zustand mit der Zerfallswahrscheinlichkeit λ 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 γ -Strahlung (oder alternativ Prozessen) in den Grundzustand übergehen (Anzahl solcher Kerne N_2) (Beispiel dazu ^{57}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 ε gegen Null.) **(3 P)**