

Klausur zur "Einführung in die Kern- und Teilchenphysik"

(WS 06/07)

08.02.07 8.00-10.00 Uhr

Aufgabe 1: Gruppentheorie

Wir betrachten die Matrizen

$$\begin{pmatrix} 1 & \alpha \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

wobei α eine beliebige reelle Zahl ist. Bildet die Menge dieser Matrizen mit α als Parameter eine Gruppe unter Addition? Unter Multiplikation? Ist diese Gruppe abelsch?

3 Punkte

Aufgabe 2: Quarkmodell und Quantenzahlen

Betrachten Sie die unten angegebenen Kombinationen der Quantenzahlen (Q, B, S, C, \tilde{B}) mit Q = elektrischer Ladung, B = Baryonenzahl, S = Strangeness, C = Charm und \tilde{B} = Beauty:

(a) $(Q, B, S, C, \tilde{B}) = (-1, 1, -2, 0, -1)$

(b) $(Q, B, S, C, \tilde{B}) = (0, 0, 1, 0, 1)$.

Welche dieser Zustände sind kompatibel mit den Postulaten des Quarkmodells (d.h. sind erlaubt)?

3 Punkte

Aufgabe 3: Čerenkov-Strahlung

Geladene Teilchen mit gleichem Impuls aber unterschiedlicher Masse können aufgrund ihrer Čerenkov-Strahlung unterschieden werden. Betrachten Sie Pionen und Myonen, die mit einem Impuls $p = 140 \text{ MeV}/c$ ein transparentes Material mit Brechungsindex n durchlaufen. Bestimmen Sie den Bereich des Brechungsindex, in dem nur Myonen Čerenkov-Strahlung emittieren.

3 Punkte

Aufgabe 4: π^0 -Zerfall

Das ungeladene π^0 zerfällt hauptsächlich elektromagnetisch via $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$. Zeigen Sie, dass man die Pion-Masse aus der Messung der Energien E_1, E_2 der beiden Photonen und des Öffnungswinkels Θ_{12} durch die Gleichung

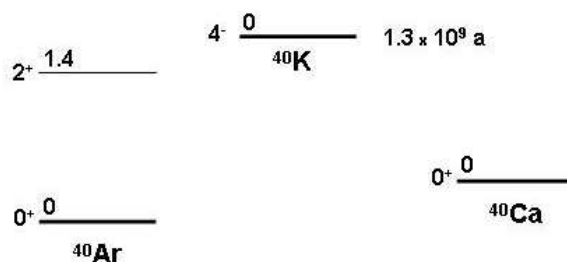
$$m_\pi^2 c^2 = 2 \frac{E_1 E_2}{c^2} (1 - \cos \Theta_{12})$$

bestimmen kann.

3 Punkte

Aufgabe 5: Zerfallsarten - Strahlungsarten

Kalium-40 kann, wie in der Skizze gezeigt, in Ar und Ca zerfallen



(a) Vervollständigen Sie das skizzierte Energieschema mit den Zerfällen unter Berücksichtigung von Auswahlregeln bzw. Erhaltungssätzen. Welche weitere Folgestrahlung tritt auf? Der Q-Wert für den Zerfall in den Grundzustand von ^{40}Ar beträgt 1.50 MeV, für den Zerfall in den Grundzustand von ^{40}Ca 1.31 MeV.

(b) Geben Sie den minimalen Gesamt**bahndrehimpuls**, bestehend aus den Anteilen für Elektron und Antineutrino bzw. Positron und Neutrino, an. Berücksichtigen Sie, dass Drehimpuls aus Spin- und Bahndrehimpulsanteilen bestehen kann.

(c) Erklären Sie mit Hilfe der Massenformel, warum $^{40}_{19}\text{K}$ zu den isobaren Kernen ^{40}Ar und ^{40}Ca zerfallen kann.

Anmerkung: (c) kann unabhängig von (a) und (b) gelöst werden.

3 Punkte

Aufgabe 6: Wirkungsquerschnitt

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 $d\sigma/d\Omega = |db/d\theta| \cdot b/\sin\theta$.

(Nützliche Beziehung für Winkelfunktionen: $\sin 2\alpha = 2 \sin\alpha \cos\alpha$.)

3 Punkte

Aufgabe 7: α -Zerfall

Vervollständigen Sie das skizzierte Zerfallsschema des ^{214}Po durch Angabe der möglichen Strahlungsarten (Multipolarität, Drehimpulse usw.). Schätzen Sie unter Berücksichtigung möglicher Drehimpulse (Drehimpulsbarriere?) die Häufigkeit des α -Zerfalls zum ersten angeregten Zustand ($0^+ \rightarrow 2^+$, gestrichelte Linie) relativ zu dem zum Grundzustand von ^{210}Pb ab. Dazu können Sie Übergangswahrscheinlichkeiten aus der Darstellung der Halbwertszeiten $T_{1/2}$ über der α -Energie E_α entnehmen.

Anmerkung: Es besteht ein aktueller Bezug dieser Fragestellung zu der öffentlichen Diskussion über eine Polonium-Vergiftung. Dieser wird in der Klausurbesprechung erläutert.

Aufgabe 8: Schalenmodell

Die Spins J und Paritäten P der Grundzustände sowie eines isomeren angeregten Zustands der nachfolgend genannten Kerne ${}^A_Z X(J^P)$ sind zu den angegebenen Werten bestimmt worden:

${}^3_2\text{He}(1/2^+)$, ${}^{21}_{10}\text{Ne}(3/2^+)$, ${}^{69}_{31}\text{Ga}(3/2^-)$, ${}^{209}_{83}\text{Bi}(9/2^-)$, ${}^{210}_{83}\text{Bi}(1^-)$ und ${}^{210}_{84}\text{Po}(8^+)$, isomeres Zustand).

Erklären Sie die Paritäten und die auftretenden Spins mit dem Schalenmodell (Siehe Spalte b) und c) in unten stehender Abbildung).

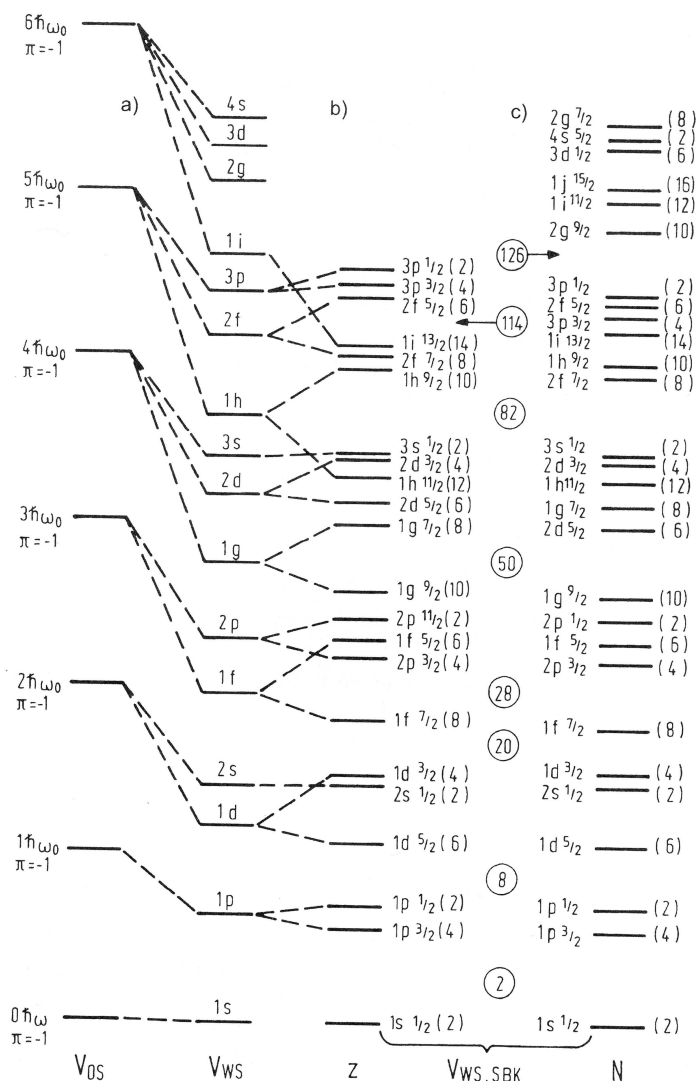


Bild 4.10. Schalenmodellzustände unter Berücksichtigung der Spin-Bahn-Kopplung

3 Punkte