



Übungsblatt IV

Einfache Fragen

Frage 1:

Wie bestimmt man die Multipolordnung und Parität der γ -Strahlung, die bei einem Übergang vom Zustand (I_i, π_i) zum Zustand (I_f, π_f) emittiert wird? Welche Multipolordnung wird man bevorzugt finden? Was ist ein Isomer?

Frage 2:

Welche verschiedenen Arten von β -Zerfällen gibt es? Was ist ihre gemeinsame Eigenschaft?

Frage 3:

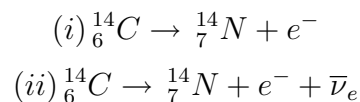
Bestimmen Sie den Q-Wert von β^+ -Zerfall und Elektroneneinfang! Welcher der beiden Zerfälle ist energetisch "günstiger"?

Frage 4:

Diskutieren Sie die Stabilität eines freien Neutrons bzw. eines freien Protons durch Betrachtung der Q-Werte. Was lässt sich über die Stabilität eines Wasserstoffatoms sagen?

Frage 5:

Im Jahr 1930 postulierte Pauli die Existenz des Neutrinos beim β -Zerfall. Welche physikalischen Beobachtungen führten ihn zu dieser Hypothese? Diskutieren Sie hierzu die folgenden beiden Zerfälle im Hinblick auf Energie-, Impuls- und Drehimpulserhaltung:



Welche weitere Erhaltungsgröße erfordert außerdem die Existenz des Neutrinos beim β -Zerfall?

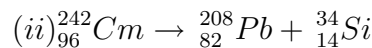
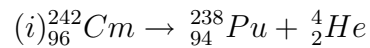
Frage 6:

Der Atomkern ${}^{208}Pb$ hat seinen ersten angeregten Zustand bei $E_1 = 2614.522$ keV mit Spin $J_1^\pi = 3^-$. Dieses Niveau soll aus dem Grundzustand von ${}^{208}Pb$ mit einem Photon angeregt werden. Welche Energie muss das Photon hierzu besitzen? Nehmen Sie an, dass sich der Atomkern in Ruhe befindet und berücksichtigen Sie auch den Rückstoß des Atomkerns. Bestimmen Sie außerdem den Multipolcharakter des elektromagnetischen Übergangs.

Vertiefende Aufgaben

Aufgabe I:

Schwere Kerne haben neben der Emission eines α -Teilchens auch die Möglichkeit über die Emission eines schwereren Clusters zu zerfallen. Ein solcher Zerfall ist jedoch auf Grund der erheblich niedrigeren Tunnelwahrscheinlichkeit stark unterdrückt. Im Folgenden soll das Branching (=Intensitätsverhältnis des Zerfalls) zwischen den folgenden beiden Zerfallsmöglichkeiten von ^{242}Cm abgeschätzt werden:



(a) Berechnen Sie die Q-Werte beider Zerfälle!

$$\begin{aligned}(\Delta m_{\text{At}}(^{242}\text{Cm}) &= 54805.218 \text{ keV}, \Delta m_{\text{At}}(^{238}\text{Pu}) = 46164.745 \text{ keV}, \\ \Delta m_{\text{At}}(^{208}\text{Pb}) &= -21748.455 \text{ keV}, \Delta m_{\text{At}}(^{34}\text{Si}) = -19956.770 \text{ keV}, \\ \Delta m_{\text{At}}(^4\text{He}) &= 2424.91565 \text{ keV})\end{aligned}$$

(b) Berechnen Sie die Höhe $V(R)$ und Breite d der Coulombbarriere, die bei den Zerfällen (i) und (ii) durchtunnelt werden muss.

(c) Berechnen Sie nun das Verhältnis der Tunnelwahrscheinlichkeiten P_T für die beiden Zerfälle (i) und (ii). Nehmen Sie zur Vereinfachung an, dass das Coulombpotential einem Kastenpotential der Höhe $V(R)$ entspricht (Tipp: $P_T \sim \exp(-2\kappa \cdot d)$ mit $\kappa \sim \sqrt{2 \cdot m \cdot [V(R) - E_\alpha]/\hbar^2}$).

Aufgabe II:

Beim Prozess der spontanen Kernspaltung muss in der Regel eine Potentialschwelle überwunden werden, die auch als *Aktivierungsenergie* bezeichnet wird. Diese Aktivierungsenergie lässt sich anschaulich durch das Wechselspiel von Oberflächenenergie und Coulomb-Energie für einen deformierten Kern im Rahmen des Tröpfchenmodells verstehen. Man kann zeigen, dass diese Energie näherungsweise berechnet werden kann über:

$$E_A \approx \left(\frac{2}{5} a_s A^{2/3} - \frac{1}{5} a_c Z^2 A^{-1/3} \right) \epsilon^2 \quad .$$

Hierbei sind $a_s = 17.23 \text{ MeV}$ und $a_c = 0.697 \text{ MeV}$ die Koeffizienten aus der Weizsäcker-schen Massenformel und ϵ der Deformationsparameter ($\epsilon \geq 0$).

Leiten Sie eine Bedingung bzgl. Z und A her, unter der ein Atomkern instantan spaltet! Für welche Kerne ist demnach Kernspaltung besonders wahrscheinlich?

Aufgabe III:

Der Kern ^{20}Na zerfällt zu einem angeregten Zustand von ^{20}Ne durch die Emission eines Positrons mit maximaler kinetischer Energie von 5.55 MeV . Dieser angeregte Zustand zerfällt anschließend durch die Emission eines α -Teilchens in den Grundzustand von ^{16}O . Berechnen Sie die Energie des emittierten α -Teilchens (Tipp: Verwenden Sie zur Berechnung die Massentabelle aus der Vorlesung).