



Übung 7

(Ausgabe: 20.11.2014 in der Vorlesung, Abgabe: 25.11.2014 in den Übungen)

Übungsaufgaben (werden korrigiert und bewertet, zulassungsrelevant.)

▪ **Aufgabe 1: Revue der Vorlesung - Zerfälle (22 Punkte)**

- Wodurch wird die Zerfallswahrscheinlichkeit eines Atomkernes gegenüber α -Zerfall bestimmt? (3 Punkte)
- Wie sieht das Energiespektrum von α -Teilchen beim α -Zerfall aus? Warum weicht die Energie des α -Teilchen vom Q-Wert des Zerfalls ab? (3 Punkte)
- Wie verhält sich die Halbwertszeit $T_{1/2}$ eines α -Strahlers als Funktion des Q-Wertes? Wie heißt diese empirische Regel? Wie ändert sich der Q-Wert für eine Isotopenkette, wenn mehr Neutronen hinzugefügt werden? Was heißt dies für den Kern? Betrachten Sie Kerne mit $A \geq 220$! (3 Punkte)
- Wie sieht das Elektronen- bzw. Positronenspektrum als Funktion der Energie im β -Zerfall aus? Skizzieren Sie ebenfalls das Spektrum als Funktion des Impulses! Erklären Sie den Unterschied für Elektron- und Positronspektren! Wie lässt sich aus den Spektren die Antineutrino- bzw. Neutrinomasse bestimmen? (6 Punkte)
- Zeigen Sie, dass der maximale Drehimpuls l in Einheiten von $\hbar$, den ein Elektron im β -Zerfall tragen kann, wesentlich kleiner 1 ist! Nehmen Sie hierfür einen typischen Q-Wert von 3 MeV und $R = 6$ fm für den Kernradius an! Was lernen Sie von diesem Ergebnis für erlaubte und verbotene β -Zerfälle? (3 Punkte)
- Ein $J^\pi = 1^-$ -Zustand hat magnetische Unterzustände mit $m_J = -1, 0$ und 1 . Betrachten Sie die γ -Kaskade:

$$0^+ \xrightarrow{\gamma_1} 1^- \xrightarrow{\gamma_2} 0^+.$$

Wieso können Sie den Übergang mit $m_J = 0$ experimentell nicht beobachten? (1 Punkt)

- Wieso ist ein $0^+ \rightarrow 0^+$ γ -Zerfall nicht möglich? Welcher Zerfall ist alternativ möglich? Wann wird dieser besonders wichtig? (3 Punkte)

▪ **Aufgabe 2: β -verzögerte Neutronenemission (5 Punkte)**

Nach einem β -Zerfall in angeregte Zustände kann nicht nur γ -Strahlung ausgestrahlt werden. Je nach Anregungsenergie des Zustandes im Zwischenkern können auch Teilchen emittiert werden. Die β -verzögerte Neutronenemission ist hierbei unter anderem essentiell für die kontrollierte Kernspaltung in Reaktoren. In diesem Beispiel betrachten wir jedoch die β -verzögerte Neutronenemission von ^{17}O , die in den Grundzustand von ^{16}O führt. Hierbei ist ^{17}O zuvor durch den β -Zerfall von ^{17}N bevölkert worden. Betrachten Sie hierzu die Abbildung am Ende der Aufgabe.

In dem in der Abbildung gezeigten Zerfall werden drei Neutronen mit Energien von 383, 1171 und 1700 keV beobachtet, die den Grundzustand von ^{16}O bevölkern.

- Berechnen Sie den Q-Wert für den β -Zerfall von ^{17}N ! (1 Punkt)
- Leiten Sie eine Formel her, die Ihnen erlaubt die Anregungsenergie in ^{17}O als Funktion der kinetischen Energie der Neutronen und der Anregungsenergie in ^{16}O zu berechnen! Berechnen Sie die Anregungsenergien in ^{17}O ! (Tipp: Die korrekte Formel erhalten Sie, indem Sie

Energie- und Impulserhaltung annehmen. Betrachten Sie dazu alleine das ^{17}O - ^{16}O System und vernachlässigen Sie zuerst ^{17}N . (3 Punkte)

- c) Wieso kann die β -verzögerte Neutronenemission nicht den ersten angeregten Zustand von ^{16}O bei 6.05 MeV bevölkern? (1 Punkt)

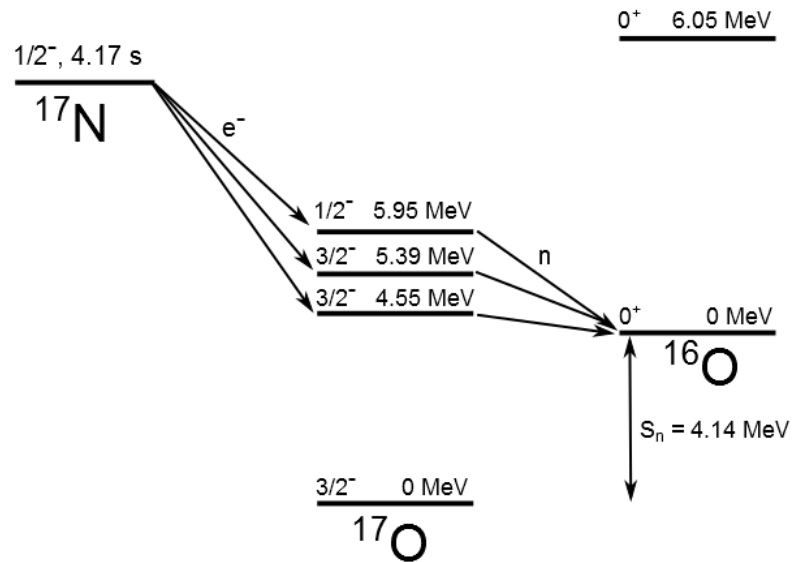


Abbildung: β -verzögerte Neutronenemission von ^{17}O .

▪ **Aufgabe 3: Die magischen Zahlen und experimentelle Hinweise (3 Punkte)**

- a) Was versteht man unter den „magischen Zahlen“ und wie lauten diese? Nennen Sie experimentelle Ergebnisse, die die Existenz magischer Zahlen im Atomkern unterstützen! (3 Punkte)