

4. Übungsblatt Struktur der Materie (Kernphysik)

Einfache Fragen

Frage 1:

Was versteht man unter dem Schalenmodell für Atomkerne? Diskutieren Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum atomaren Schalenmodell.

Frage 2:

Was versteht man unter den "magischen Zahlen" und wie lauten diese? Nennen Sie experimentelle Ergebnisse, die die Existenz magischer Zahlen im Atomkern unterstützen.

Frage 3:

Warum wurde die Spin-Bahn-Wechselwirkung im Schalenmodell eingeführt? Nennen Sie die wesentlichen Auswirkungen.

Frage 4:

Wie kann man mit Hilfe des Schalenmodells Spin und Parität des Grundzustandes eines bestimmten Kerns bestimmen? Geben Sie Spin und Parität des Grundzustandes der folgenden Atomkerne an:

- ${}_{13}^{27}\text{Al}$
- ${}_{14}^{28}\text{Si}$
- ${}_{14}^{29}\text{Si}$
- ${}_{15}^{31}\text{P}$
- ${}_{16}^{32}\text{S}$
- ${}_{16}^{33}\text{S}$

Frage 5:

Welche verschiedenen Typen von Teilchenbeschleunigern kennen Sie?

Frage 6:

Schildern Sie kurz die Funktionsweise eines Kernreaktors.

Vertiefende Aufgaben

Aufgabe I: In einem Experiment wurden die Energieniveaus eines angeregten Atomkerns ^{26}Al untersucht. Dabei wurde für die energetisch niedrigsten Niveaus folgendes Niveauschema festgestellt:

1^+	—————	1850.6 keV
3^+	—————	416.9 keV
0^+	—————	228.3 keV
5^+	—————	0.0 keV

^{26}Al

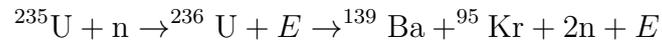
Dabei ist links Spin und Parität und rechts die Energie des Zustands angegeben. Im Experiment wird nun ausschließlich der 1^+ -Zustand bei 1850.6 keV angeregt. Dieser zerfällt über γ -Zerfall in die energetisch niedriger liegenden Zustände.

- Bestimmen Sie die niedrigst mögliche Multipolordnung für alle vom 1^+ -Zustand ausgehenden γ -Übergänge.
- Übergänge mit kleiner Multipolordnung sind wahrscheinlicher als Übergänge mit größerer Multipolordnung. Bestimmen Sie die wahrscheinlichste Folge von γ -Übergängen, durch die der Kern in den Grundzustand übergehen kann.
- Durch welche Übergänge kann der 0^+ -Zustand bei 228.3 keV bevölkert werden? Diskutieren Sie mögliche Zerfallsarten für diesen Zustand.

Aufgabe II: Am Institut für Kernphysik der Universität zu Köln wird ein Tandem-Beschleuniger verwendet um Ionen auf hohe Energien zu beschleunigen. Die maximal erreichbare Terminalspeisung liegt bei 10 MV.

- Beschreiben Sie das Prinzip eines Tandembeschleunigers.
- In der Ionenquelle können $^{16}\text{O}^-$ -Ionen gebildet werden. Nach durchlaufen der Stripperfolie besteht der Strahl hauptsächlich aus $^{16}\text{O}^{4+}$ -Ionen und $^{16}\text{O}^{5+}$ -Ionen. Bestimmen Sie die kinetische Energie der ^{16}O -Ionen, wenn die maximale Spannung am Terminal anliegt. Wie kann für ein Experiment ein bestimmter Ladungszustand ausgewählt werden?
- In einem Experiment sollen vollständig ionisierte ^{12}C -Ionen auf ein ^{124}Sn Target geschossen werden. Damit die beiden Kerne fusionieren können, muss die Coulombbarriere überwunden werden. Bestimmen Sie die hierfür notwendige Energie der ^{12}C -Ionen unter der Annahme, dass in der Ionenquelle $^{12}\text{C}^-$ -Ionen produziert wurden. Welche Spannung muss am Terminal anliegen um die ^{12}C -Ionen auf diese Energie zu beschleunigen?

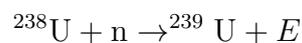
Aufgabe III: Bei der Energiegewinnung in Kernreaktoren nutzt man das Prinzip der neutroneninduzierten Spaltung. Dabei fängt ein ^{235}U Kern ein Neutron ein, kann so die Spaltbarriere überwinden und es kommt zur spontanen Kernspaltung. Eine mögliche neutroneninduzierte Spaltreaktion könnte wie folgt aussehen:



(a) Welche Energie wird bei dem Prozess der neutroneninduzierten Spaltung von ^{235}U frei?

(b) Erläutern Sie den Begriff der Spaltbarriere. Bestimmen Sie die Energie die bei der Reaktion $^{235}\text{U} + \text{n} \rightarrow ^{236}\text{U}$ frei wird.

(c) Das Isotop ^{238}U hat eine wesentlich größere natürliche Häufigkeit als ^{235}U . Bestimmen Sie die Energie, die bei der Neutroneneinfangreaktion



frei wird. Diskutieren Sie die Möglichkeit, einen Kernreaktor mit ^{238}U zu betreiben. Berücksichtigen Sie hierbei die Spaltbarriere!

(d) Welche Schwierigkeiten bestehen bei einem Kernreaktor der nach dem Prinzip der neutroneninduzierten Spaltung von ^{235}U arbeitet?

Nützliche Konstanten:

$$\Delta m(^{235}\text{U}) = 40.9218 \text{ MeV}$$

$$\Delta m(^{236}\text{U}) = 42.4476 \text{ MeV}$$

$$\Delta m(^{238}\text{U}) = 47.3100 \text{ MeV}$$

$$\Delta m(^{239}\text{U}) = 50.5750 \text{ MeV}$$

$$\Delta m(\text{n}) = 8.0713 \text{ MeV}$$