



### 3. Übungsblatt Struktur der Materie (Kernphysik)

#### Einfache Fragen

Frage 1:

Welche verschiedenen Arten von radioaktiven Zerfällen kennen Sie? Wie verändern sich bei diesen Zerfällen die Kernladungszahl  $Z$  und die Massenzahl  $A$ ?

Frage 2:

Wodurch wird die Halbwertszeit eines Kerns gegenüber  $\alpha$ -Zerfall bestimmt? Diskutieren Sie die Existenz von  $\alpha$ -Zerfällen mit Energien  $E_\alpha > 10$  MeV!

Frage 3:

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

Frage 4:

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

Frage 5:

Warum wurde die Spin-Bahn-Wechselwirkung im Schalenmodell eingeführt? Nennen Sie die wesentlichen Auswirkungen für die vorhergesagten Energieniveaus!

Frage 6:

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 7:

Welche verschiedenen Typen von Teilchenbeschleunigern kennen Sie?

## Vertiefende Aufgaben

### Aufgabe I:

Leiten Sie den  $Q$ -Wert des Elektroneneinfangs  $Q_\epsilon$  und des  $\beta^+$ -Zerfalls in Abhängigkeit der beteiligten Atommassen ab! Welcher der beiden Zerfälle ist energetisch günstiger? Bestimmen Sie  $Q_{\beta^+}({}^{88}\text{Y})$  und  $Q_\epsilon({}^{88}\text{Y})$ .

*Atomic mass excess* (in MeV):

$$\Delta({}^{88}_{38}\text{Sr}) = -87.9197, \Delta({}^{88}_{39}\text{Y}) = -84.297, \Delta({}^{88}_{40}\text{Zr}) = -83.624$$

Bindungsenergien der K-Elektronen (in keV):  $B_n(e^-, {}^{88}_{39}\text{Y}) = 17.04$

### Aufgabe II:

Beim Elektroneneinfang von  ${}^7\text{Be}$  wird im gebildeten Kern  ${}^7\text{Li}$  in ca. 90% aller Zerfälle der Grundzustand bevölkert.

*Atomic mass excess* (in MeV):

$$\Delta({}^7\text{Be}) = 15.7700, \Delta({}^7\text{Li}) = 14.9081$$

a) Berechnen Sie die Neutrino-Energie, die bei diesem Elektroneneinfang von  ${}^7\text{Be}$  auftritt. Vernachlässigen Sie dabei die Bindungsenergien der Atomelektronen.

b) Wie lässt sich der Elektroneneinfang von  ${}^7\text{Be}$  experimentell nachweisen?

c) Berechnen Sie den  $Q$ -Wert von  ${}^7\text{Be}$  gegenüber  $\beta^+$ -Zerfall? Diskutieren Sie die Halbwertszeit von „nacktem“  ${}^7\text{Be}^{4+}$ .

### Aufgabe III:

(a) Wie hängen beim  $\alpha$ -Zerfall  $Q$ -Wert und Energie des emittierten  $\alpha$ -Teilchens zusammen?

Berücksichtigen Sie hierbei den Rückstoß des Tochterkerns!

(b)  ${}^{210}\text{Po}$  besitzt einen  $Q$ -Wert von 5.407 MeV. Wie groß ist demnach die kinetische Energie des emittierten  $\alpha$ -Teilchens?

### Aufgabe IV:

In einem Tandem-Beschleuniger werden negativ geladene Ionen produziert, die dann von einem positiv geladenen MV-Terminal mit Stripper angezogen werden. Durch das Abstreifen von Elektronen erfahren die Ionen eine Ladungsänderung und werden somit positiv. Dadurch werden sie vom MV-Terminal abgestoßen und werden somit nochmals beschleunigt.

Der Kölner Tandem-Beschleuniger besitzt eine Spannung von bis zu 10 MV. In der Ionenquelle werden  ${}^{16}\text{O}^-$ -Ionen gebildet. Nach dem Stripper besteht der Strahl hauptsächlich aus  ${}^{16}\text{O}^{4+}$ -Ionen und  ${}^{16}\text{O}^{5+}$ -Ionen. Welche kinetische Energie haben die jeweiligen Ionen nach dem Durchlaufen des Beschleunigers bei maximaler Spannung?

Wie können die verschiedenen Energien experimentell unterschieden werden?