



## Übungsblatt IV

- Abgabe der Hausübung: 13.11.2012 in der Übung
- Lerngruppen bis zu 3 Personen können gemeinsam abgeben

### Einfache Fragen

Frage 1:

Wodurch wird die Zerfallswahrscheinlichkeit eines Atomkerns gegenüber  $\alpha$ -Zerfall bestimmt? Warum ist der Cluster-Zerfall in der Regel stark unterdrückt?

Frage 2:

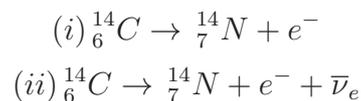
Wie sieht das Energiespektrum von  $\alpha$ -Teilchen beim  $\alpha$ -Zerfall aus? Warum weicht die Energie des  $\alpha$ -Teilchens vom  $Q$ -Wert des Zerfalls ab?

Frage 3:

Welche verschiedenen Arten von  $\beta$ -Zerfällen gibt es? Was ist ihre gemeinsame Eigenschaft?

Frage 4:

Im Jahr 1930 postulierte Pauli die Existenz des Neutrinos beim  $\beta$ -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  $\beta$ -Zerfall?

Frage 5:

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

## Hausübungen (Zur Abgabe am 13.11.2012)

### Aufgabe I:

Der Atomkern  $^{236}\text{U}$  besitzt gegenüber  $\alpha$ -Zerfall vom Grundzustand aus in den Grundzustand des Tochterkerns einen Q-Wert von  $Q_\alpha = 4573$  keV. In einem Experiment vermessen Sie die Energie des emittierten  $\alpha$ -Teilchens.

**4+2\***  
**Pkt**

a) Welche Energie erwarten Sie für das emittierte  $\alpha$ -Teilchen?

2 Pkt

b) In Ihrer Messung zeigen sich zwei verschiedene  $\alpha$ -Energien. Unter anderem detektieren Sie zu einem sehr kleinen Bruchteil  $\alpha$ -Teilchen mit einer Energie von  $E_\alpha = 4447$  keV. Welche Schlussfolgerungen können Sie aus dieser Messung für den Tochterkern  $^{232}\text{Th}$  ziehen?

2 Pkt

c) Diskutieren Sie, warum der  $\alpha$ -Zerfall von gg-Kernen hauptsächlich im Grundzustand des Tochterkerns landet! Warum gilt diese Aussage nicht zwingend für ug/gu- bzw. uu-Kerne?

2 Pkt\*

### Aufgabe II:

a) Geben Sie eine Formel für den Q-Wert eines  $\alpha$ -Zerfalls in Abhängigkeit der Bindungsenergien von Mutterkern, Tochterkern und  $\alpha$ -Teilchen an!

**4+3\***  
**Pkt**  
1 Pkt

b) Zeigen Sie mit Hilfe der Weizsäckerchen Massenformel, dass die beim  $\alpha$ -Zerfall frei werdende Energie  $Q_\alpha$  im Fall von großem  $A$  und  $Z$  gilt:

$$Q_\alpha = -4a_V + 8/3 \cdot a_S/A^{1/3} + 4a_C Z(1 - Z/(3A))/A^{1/3} - a_A(A - 2Z)^2/A^2 + B_\alpha$$

Ansatz: Taylorentwicklung für Terme der Form  $(1 \pm x)^m \approx 1 \pm m \cdot x$  verwenden. Paarungsterm entfällt, weil  $\delta$  beim  $\alpha$ -Zerfall erhalten bleibt. Die Bindungsenergie des  $\alpha$ -Teilchens beträgt  $B_\alpha = 28.3$  MeV

3 Pkt

c) In Übung II haben Sie gezeigt, dass stabile Atomkerne gegenüber  $\beta$ -Zerfall folgender Beziehung genügen:

$$\frac{Z}{A} = \frac{(m_n - m_p + a_A)}{2(a_C A^{2/3} + a_A)}$$

Bestimmen Sie mit Hilfe dieser Beziehung und der Gleichung aus Aufgabe b), ab welcher Masse  $\beta$ -stabile Atomkerne instabil gegenüber  $\alpha$ -Zerfall sind. Warum gelten viele dieser Atomkerne dennoch als stabil (siehe Nuklidkarte)?

3 Pkt\*

**Aufgabe III:****8 Pkt**

Neutronen zerfallen beim sogenannten  $\beta^-$ -Zerfall unter der Emission eines Elektrons und Anti-Elektroneneutrinos in ein Proton:



a) Welche Energie wird beim Zerfall eines Neutrons frei? Vernachlässigen Sie hierbei die Ruhemasse des Neutrinos!

*2 Pkt*

b) Diskutieren Sie warum gebundene Neutronen innerhalb von Atomkernen stabil sein können!

*2 Pkt*

c) Ist ein Wasserstoff-Atom gegenüber Elektroneneinfang stabil? Begründen Sie Ihre Antwort!

*1 Pkt*

d) Am Ende des Lebenszyklus eines Sternes, in *Weißen Zwergen* oder *Neutronensternen*, besitzt das im Stern vorliegende Elektronengas auf Grund der stark komprimierten Materie und des damit verbundenen Entartungsdruckes teilweise eine hohe kinetische Energie. Die maximale Elektronenenergie, die sogenannte Fermie-Energie  $E_F$ , ist mit der Elektronendichte  $n$  über folgenden Zusammenhang verknüpft:

$$E_F = \frac{\hbar^2}{2m_e} (3\pi^2 n)^{2/3}$$

Wie hoch muss demnach die Elektronendichte sein, dass eine Umwandlung von freien Protonen in Neutronen stattfinden kann? Diskutieren Sie, ob eine solche Umwandlung in Weißen Zwergen mit typischen Dichten von  $10^4 \text{ kg/cm}^3$  stattfinden kann!

*3 Pkt***Gesamtpunktzahl:****16+5\*  
Pkt**