



Übungsblatt IV

Einfache Fragen

Frage 1:

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

Frage 2:

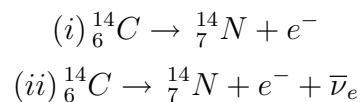
Wie sieht das Energiespektrum von α -Teilchen beim α -Zerfall aus? Warum weicht die Energie des α -Teilchens vom Q -Wert des Zerfalls ab?

Frage 3:

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

Frage 4:

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 5:

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

Hausübungen

Aufgabe I:

4+2*

Der Atomkern ^{236}U besitzt gegenüber α -Zerfall einen Q-Wert von $Q_\alpha = 4573 \text{ keV}$. In einem Experiment vermessen Sie die Energie des emittierten α -Teilchens. **Pkt**

a) Welche Energie erwarten Sie für das emittierte α -Teilchen?

2 Pkt

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

2 Pkt

c) Diskutieren Sie, warum der α -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:

4+3*

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

1 Pkt

b) Zeigen Sie mit Hilfe der Weizsäcker'schen Massenformel, dass die beim α -Zerfall frei werdende Energie Q_α 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 δ beim α -Zerfall erhalten bleibt. Die Bindungsenergie des α -Teilchens beträgt $B_\alpha = 28.3 \text{ MeV}$

3 Pkt

c) In Übung II haben Sie gezeigt, dass stabile Atomkerne gegenüber β -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 β -stabile Atomkerne instabil gegenüber α -Zerfall sind. Warum gelten viele dieser Atomkerne dennoch als stabil (siehe Nuklidkarte)?

3 Pkt*

Aufgabe III:**8 Pkt**

Neutronen zerfallen beim sogenannten β^- -Zerfall unter der Emission eines Elektrons und Anti-Elektroneutrinos in ein Proton:

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

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 kg/cm^3 stattfinden kann!

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