

3. Übungsblatt Struktur der Materie (Kernphysik)

Einfache Fragen

Frage 1:

Welchen Kernspin und welche Parität hat der Grundzustand eines Kerns mit gerader Neutronen und Protonenzahl (gg-Kern)? Welche Aussage über den Kernspin des Grundzustands können Sie für gu- und ug-Kerne treffen?

Frage 2:

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

Frage 3:

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

Frage 4:

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 5:

Das langlebige radioaktive Isotop ^{40}K befindet sich in geringen Mengen in Betonwänden und trägt somit zur natürlichen Radioaktivität bei. Es zerfällt über einen β^+ -Zerfall zu ^{40}Ar . Wie sieht die Zerfallsgleichung für diesen Zerfall aus?

Vertiefende Aufgaben

Aufgabe I:

(a) Leiten Sie den Q -Wert des Elektroneneinfangs Q_ϵ und des β^+ -Zerfalls Q_{β^+} in Abhängigkeit der beteiligten Atommassen ab. Welcher der beiden Zerfälle ist energetisch günstiger?

(b) Bestimmen Sie für den Kern ^{88}Y den Q -Wert für den β^+ -Zerfall $Q_{\beta^+}(^{88}\text{Y})$ sowie für die Elektroneneinfangreaktion $Q_\epsilon(^{88}\text{Y})$.

(c) Skizzieren Sie die Energiespektren der Elektronenneutrinos ν_e die bei den beiden Zerfallsprozessen emittiert werden. Begründen Sie die Unterschiede.

Aufgabe II:

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

- 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 β^+ -Zerfall? Schließen Sie daraus auf die Halbwertszeit von vollständig ionisiertem ${}^7\text{Be}^{4+}$.

Aufgabe III:

- (a) Wie hängen beim α -Zerfall Q-Wert und Energie des emittierten α -Teilchens zusammen? Berücksichtigen Sie hierbei den Rückstoß des Tochterkerns!
- (b) Der Q-Wert für den α -Zerfall von ${}^{210}\text{Po}$ ist 5.407 MeV. Wie groß ist demnach die kinetische Energie des emittierten α -Teilchens?

Nützliche Konstanten:

Atomic mass excess:

$$\Delta({}^{88}\text{Sr}) = -87.9197 \text{ MeV}$$

$$\Delta({}^{88}\text{Y}) = -84.297 \text{ MeV}$$

$$\Delta({}^7\text{Be}) = 15.7700 \text{ MeV}$$

$$\Delta({}^7\text{Li}) = 14.9081 \text{ MeV}$$

Bindungsenergien der K-Elektronen:

$$B_n(e^-, {}^{88}_{39}\text{Y}) = 17.04 \text{ keV}$$