

Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2018/2019,

Prof. Dr. H. Lacker, Dr. C. Scharf, J. Krieg

Hausaufgabenblatt 5

Aufgabe 1: Tal der Stabilität

Bestimmen Sie mit Hilfe des Tröpfchenmodells den Verlauf des Stabilitätstales in der (A, Z) -Ebene für Kernmassen, indem Sie die Werte $Z(A)$ analytisch berechnen, bei denen die Kernmasse bei festem A minimal wird. (1 Punkt)

Aufgabe 2: Tröpfchenmodell und Spaltung

1. Berechnen Sie mithilfe des Tröpfchenmodells die freiwerdende Energie, wenn ein Kern der Massenzahl A und Kernladungszahl Z symmetrisch in zwei gleiche Tochterkerne spaltet. Vernachlässigen Sie in der Rechnung den Paarungsterm. (1 Punkt)
2. Berechnen Sie daraus die Massenzahl, oberhalb derer Sie aus energetischen Gründen spontane Kernspaltung für Kerne erwarten, die im Tal der Stabilität liegen (siehe Aufgabe 1). Es bietet sich an, die Aufgabe mit Hilfe des Computers lösen. (2 Punkte)
3. Machen Sie die Abschätzung für die Massenzahl, oberhalb derer aus energetischen Gründen spontane Kernspaltung auftreten sollte, allein aus dem Verlauf der in der Vorlesung gezeigten Darstellung der Bindungsenergie pro Nukleon, ohne das Tröpfchenmodell zu verwenden. (2 Punkte)
4. Über welche Zerfallsart werden Tochterkerne, die in einer Spaltung entstehen, zerfallen und warum? (1 Punkt)

Aufgabe 3: Stabilität von Kernen und α -Zerfall

Erklären Sie folgende Beobachtungen, wenn man die Nuklidkarte in der Z - N -Auftragung betrachtet:

1. α -Zerfälle finden typischerweise für Kerne oberhalb der Stabilitätslinie statt. (1 Punkt)
2. Bei $N = 84$ gibt es zwei Nuklide, bei denen α -Zerfall stattfindet, obwohl sie auf der bzw. unterhalb der Stabilitätslinie liegen. Woran könnte das liegen? (1 Punkt)

Bitte wenden!

Aufgabe 4: Fermi-Energie im Kern und Asymmetrieterm

- Berechnen Sie den Fermi-Impuls p_F und daraus die Fermi-Energie E_F in Kernen für Neutronen bzw. Protonen unter der Annahme, dass die Nukleonen sich in einem Kastenpotential mit Radius R befinden und der Radius des Kerns gegeben wird durch $R = r_0 A^{1/3}$ mit $r_0 = 1,21$ fm. (2 Punkte)
- Welchen Wert hat dann die Fermi-Energie für Protonen und Neutronen im Falle leichter Kerne ($Z/N = 1$) und für das Isotop ${}^{208}_{82}\text{Pb}$? (1 Punkt)
- Aus diesem Modell lässt sich die Abhängigkeit der Bindungsenergie vom Neutronenüberschuß (Asymmetrieterm) bestimmen.
Leiten Sie den Asymmetrieterm explizit her. Berechnen Sie dazu zunächst die gesamte kinetische Energie eines Kernes ${}^A_Z\text{X}$: $E_{kin}(N, Z) = \int_0^{E_F^p} E_{p,kin} \frac{dn}{dE_{p,kin}} dE_{p,kin} + \int_0^{E_F^n} E_{n,kin} \frac{dn}{dE_{n,kin}} dE_{n,kin}$. Die gesamte kinetische Energie wird minimal für $N = Z$ bei fester Massenzahl A . Entwickeln Sie diese nach $(N - Z)/A$ und ziehen Sie davon die kinetische Energie ab, die ein symmetrischer Kern ($N = Z$) mit der selben Nukleonenzahl A hätte. (2 Punkte)

Abgabe: 19.11.2018 bis 13:00 vor Raum NEW 15 1'413/414