

Übungen zur Kernphysik WS2018/19, Prof. A. Melzer

Blatt 3

1. Tröpfchenmodell I: (2P)

Bestimmen Sie (mit Matlab, Excel o.ä.) aus der Bethe-Weizsäcker-Formel in der N, Z -Ebene das stabilste Isotop. Gemeinhin wird behauptet, dass ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ das stabilste Isotop sei und damit das schwerste Element, das in Sternen fusioniert werden kann. Wie können Sie diese Diskrepanz erklären?

2. Tröpfchenmodell II: (2P)

Zeigen Sie, dass das stabilste Isotop bei konstanter Massenzahl A bei der Kernladungszahl Z_0 mit

$$Z_0 = \frac{A}{2 + 2\frac{a_C}{a_F}A^{2/3}}$$

gefunden wird (Nehmen Sie den Fall von g/u -Kernen). Prüfen Sie anhand einer Nuklid-Tafel das Ergebnis für $A = 20, 50$ und 100 .

3. Tröpfchenmodell III: (4P)

(i) Bestimmen Sie (mit Matlab, Excel o.ä.) aus der Bethe-Weizsäcker-Formel die Bereiche in der N, Z -Ebene, in denen bei Aussendung eines α -Teilchens aus einem Nuklid mit Neutronenzahl N und Protonenzahl Z Energie frei wird (Das α -Teilchen hat eine Bindungsenergie von 28.24 MeV).

(ii) Kartieren Sie auch die Bereiche, bei denen eine Energie von mindestens 4 MeV frei wird (die dann als kinetische Energie des α -Teilchens zur Verfügung steht).

(iii) Stellen Sie schließlich die Linie der stabilsten Nuklide aus Aufgabe 2 in derselben N, Z -Ebene dar. Identifizieren Sie daraus das letzte stabile Isotop, wobei angenommen wird, dass alle Nuklide stabil sind, für die die Energie des freiwerdenden α -Teilchens kleiner als $E_\alpha = 4$ MeV ist (warum ist diese Annahme in Ordnung?).

Erstellen Sie das Ganze als Graphik und drucken Sie sie aus.

4. Neutronenstern: (3P)

Betrachten Sie einen Neutronenstern als einen sehr großen Kern mit $Z = 0$. Der mittlere Radius eines Kerns ist ja $R_K = r_0 A^{1/3}$ mit $r_0 = 1.2$ fm und der (konstanten) mittleren Dichte $\rho \approx 10^{17}$ kg/m³.

(a) Wie groß ist der Beitrag der Bindungsenergie durch die Gravitation zur Bethe-Weizsäcker-Formel? Welche A -Abhängigkeit zeigt die Gravitationsenergie? (Hinweis:

$$dE_G = G \frac{M(r)}{r} dm$$

wobei G die Gravitationskonstante ist.

(b) Erweitern Sie die Weizsäcker-Massenformel um den Beitrag der Gravitation und leiten Sie daraus einen Ausdruck für den minimalen Radius eines stabilen Neutronensterns ab.

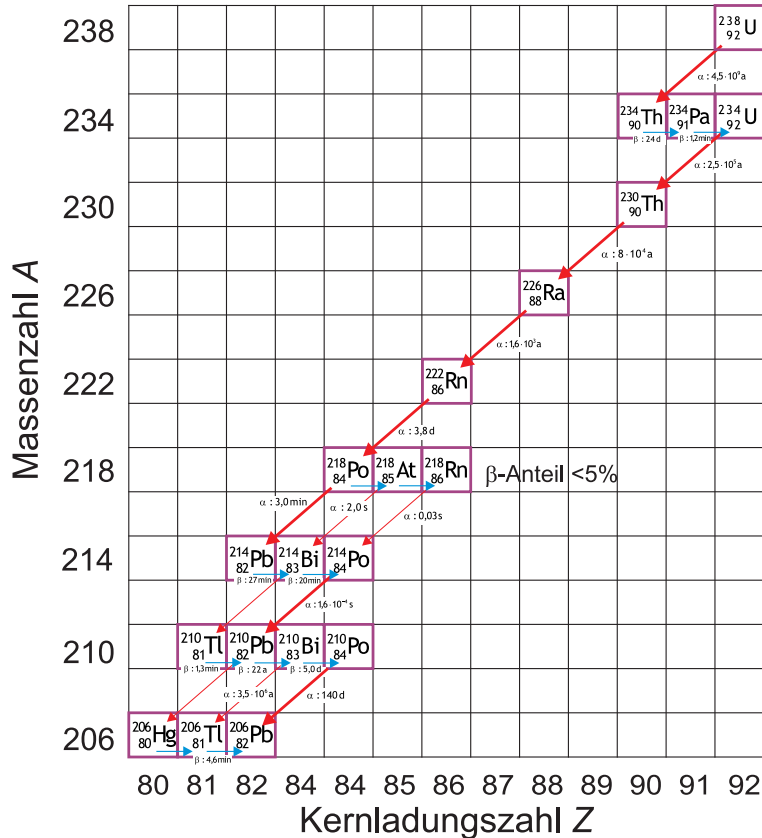


Abbildung 1: Uran-Radium-Zerfallsreihe. Angegeben sind die entsprechenden Halbwertszeiten.

5. Radioaktivität: (3P)

Uran in natürlicher Isotopenzusammensetzung enthält 99,28 % ^{238}U und 0,72 % ^{235}U . Die Lebensdauer von ^{235}U beträgt $1,042 \cdot 10^9$ Jahre. Die weiteren Daten entnehmen Sie der Abbildung.

(a) Wie alt müsste das Sonnensystem sein, wenn man annimmt, dass bei seiner Entstehung beide Isotope in gleicher Häufigkeit vorhanden waren (Interpretation)?

(b) Welcher Anteil von 1 kg ^{238}U ist seit Entstehung der Erdkruste vor $2,5 \cdot 10^9$ Jahren zerfallen?

(c) Wieviel davon vollständig in ^{206}Pb ?