

2. Übungsblatt Struktur der Materie (Kernphysik)

Einfache Fragen

Frage 1:

Berechnen Sie die mittlere Nukleonendichte und Massendichte der Atomkerne ^{40}Ca und ^{208}Pb !

Frage 2:

Beschreiben Sie den Aufbau der Nuklidkarte! Welche Informationen lassen sich der Nuklidkarte entnehmen?

Frage 3:

Unter welchen Voraussetzungen ist ein Atomkern stabil gegenüber spontanem Zerfall? Wie kann man aus der Kenntnis der Massen von Atomkernen auf deren Stabilität schließen?

Frage 4:

Was versteht man unter der Bindungsenergie eines Nukleons? Skizzieren Sie die Bindungsenergie pro Nukleon eines Atomkerns in Abhängigkeit von dessen Massenzahl! In welchem Massenbereich lässt sich Energie durch Fusion bzw. durch Spaltung gewinnen?

Vertiefende Aufgaben

Aufgabe I:

(a) Erläutern Sie das Tröpfchenmodell für Atomkerne. Nennen Sie die einzelnen Beiträge zur Bindungsenergie eines Atomkerns im Tröpfchenmodell und deren Abhängigkeit von Kernmasse A , Protonenzahl Z und Neutronenzahl N .

(b) Bestimmen Sie nach dem Tröpfchenmodell die Masse des Kerns $^{56}_{26}\text{Fe}$ und dessen Bindungsenergie pro Nukleon!

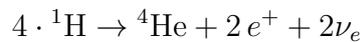
Aufgabe II:

(a) Berechnen Sie aus der Massenformel des Tröpfchenmodells die Ladungszahl Z_0 , bei der ein Kern mit fester Massenzahl A die geringste Kernmasse $m(Z_0, A)$ hat. Skizzieren Sie den Verlauf in einem (Z, N) -Diagramm.

(b) Bei welcher Ladungszahl Z_0 erwartet man die stabilen Isobare der Massen $A = 4$, $A = 14$ und $A = 209$? Vergleichen Sie Ihre Vorhersage mit der Nuklidkarte.

Aufgabe III:

Unsere Sonne produziert kontinuierlich Energie über das so genannte Wasserstoff-Brennen, in dem in der pp1-Kette – vereinfacht betrachtet – die folgende Fusionsreaktion abläuft:



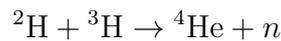
(a) Berechnen Sie die frei werdende Energie dieser Fusionsreaktion unter Vernachlässigung der Ruhemasse der Elektron-Neutrinos ν_e .

(b) Die Sonne besitzt eine Masse von 1.989×10^{30} kg mit einem Massenanteil an Wasserstoff von etwa 73.5%. Wieviel Energie kann die Sonne insgesamt freisetzen, wenn man davon ausgeht, dass der komplette Wasserstoff verbrannt wird?

(c) Die Sonne hat eine Leuchtkraft von 3.846×10^{26} W. Berechnen Sie die Lebensdauer unserer Sonne unter der Annahme, dass die komplette erzeugte Energie in Form von Strahlung an der Oberfläche abgegeben wird.

Aufgabe IV:

Derzeit befinden sich Fusionsreaktoren (z.B. ITER in Caderache/Frankreich) in Entwicklung, in denen Energie durch die Fusion von Deuterium und Tritium gewonnen werden soll:



(a) Berechnen Sie den Energiegewinn bei dieser Fusionsreaktion.

(b) Welche Massen an ${}^2\text{H}$ und ${}^3\text{H}$ benötigt man, um eine 100 W - Glühbirne ein Jahr lang zu betreiben?

(c) Mit welchen Schwierigkeiten hat man bei der Realisierung von Fusionsreaktoren zu kämpfen?

Nützliche Konstanten:

$$\Delta m({}^1\text{H}) = 7288,969 \text{ keV}$$

$$\Delta m({}^2\text{H}) = 13135,720 \text{ keV}$$

$$\Delta m({}^3\text{H}) = 14949,794 \text{ keV}$$

$$\Delta m({}^4\text{He}) = 2424,911 \text{ keV}$$

$$\Delta m(n) = 8071,323 \text{ keV}$$

$$m_n = 939,565 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$m_p = 938,272 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

$$1 \text{ J} = 6,241 \cdot 10^{15} \text{ keV}$$

Weizsäcker Massenformel:

$$a_V = 15,85 \text{ MeV}; a_S = 18,34 \text{ MeV}; a_C = 0,71 \text{ MeV}; a_A = 92,86 \text{ MeV}; a_P = 11,46 \text{ MeV}$$