Übungen Physik VI (Kerne und Teilchen)

Sommersemester 2010

Übungsblatt Nr. 03

Bearbeitung bis 06.05.2010

Aufgabe 1: Neutronensterne

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass die Dichte im Zentrum von Neutronensternen ein Vielfaches der Dichte von gewöhnlicher Kernmaterie erreichen kann.

a) Begründen Sie, weshalb ein makroskopischer Körper dessen Dichte mit Kernmaterie vergleichbar ist, nicht aus gleichen Teilen an Protonen&Elektronen sowie Neutronen ($N_\mathrm{p} = N_\mathrm{e} \approx N_\mathrm{n}$) zusammengesetzt sein kann, wie die Materie in unserer Umwelt.

b) Schätzen Sie den Anteil an Protonen und Elektronen in einem Neutronenstern bei normaler Kerndichte ($\rho_0 = 0.15\,\mathrm{Nukleonen/fm}^3$) ab.

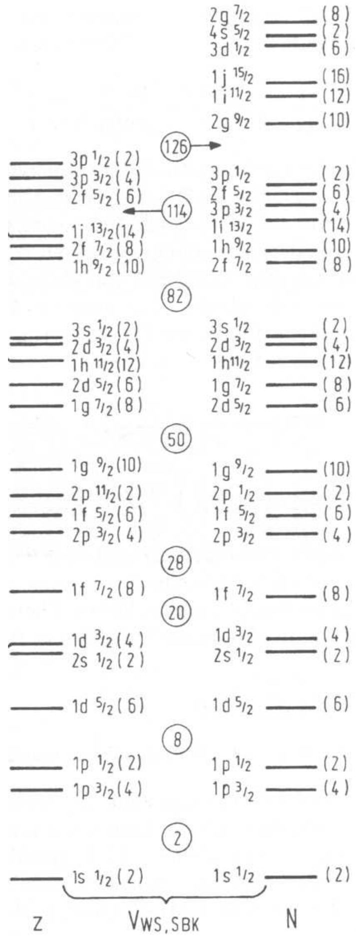
Hinweis: Betrachten Sie alle Teilchen als nicht wechselwirkend. Nehmen Sie an, die Elektronen seien hoch relativistisch und die anderen Teilchen seien nicht relativistisch. Nutzen Sie Fermi-Impuls und Fermi-Energie.

Aufgabe 2: Schalenmodell

a) Auf der nächsten Seite ist die Anordnung der Energieniveaus angegeben, wie sie vom Schalenmodell vorhergesagt wird. Entnehmen Sie diesem Schema die Werte für den Spin und die Parität J^P der folgenden Kerne und geben Sie diese Werte an:
^{3}He, ^{5}He, ^{7}Li, ^{8}Be, ^{13}C, ^{17}F, ^{31}P, ^{114}Sn, ^{209}Pb.

b) Berechnen Sie den Abstand zwischen den Neutronenschalen $1\mathrm{p}_{1/2}$ und $1\mathrm{d}_{5/2}$ für Kerne mit $A \approx 16$ aus der gesamten Bindungsenergie von ^{15}O (111.9556 MeV), ^{16}O (127.6193 MeV), und ^{17}O (131.7627 MeV).

c) Wie interpretieren sie den Unterschied der Bindungsenergie von ^{17}O und ^{17}F (128.2196 MeV)? Schätzen Sie den Radius dieser Kerne ab: Vergleichen Sie dazu die Ergebnisse aus der Annahme homogen geladener Kugeln mit denen aus der Beziehung $r = 1.21\,\mathrm{fm}A^{1/3}$.



Aufgabe 3: Deuteron Wellenfunktion

Näherungsweise kann das Potential von Proton und Neutron im Deuteron durch ein zentralsymmetrisches Kastenpotential der Tiefe $-V_0$ und Radius $r_0 \approx 1.4$ fm beschrieben werden:

$$V(r) = \begin{cases} -V_0 \text{ für } r < r_0 \\ 0 \text{ für } r > r_0 \end{cases}$$

Betrachten Sie die radiale Schrödingergleichung für den Grundzustand ($l = 0$) des Deuterons:

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - V)u = 0 \qquad \psi(\vec{r}) = \frac{u(r)}{r} Y_0^0$$

Was muss hier als Masse m eingestezt werden? Lösen Sie die Gleichung für $r < r_0$ und $r > r_0$ unter den Randbedingungen $u(r = 0) = 0$ und $u(r \to \infty) = 0$ und benutzen Sie die Stetigkeitsbedingung für die Wellenfunktion und deren Ableitung, um die Tiefe des Potentials abzuschätzen. Gehen Sie von der Näherung aus, dass die Bindungsenergie $B = 2.25$ MeV viel kleiner als V_0 ist. Ist diese Näherung gerechtfertigt?

Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Nukleonen bei einem Radius $r < r_0$ aufhalten?