

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 3

Bearbeitung bis 13.05.2013

Bitte geben Sie Ihren Namen und Ihre Tutorium-Gruppe (A-K) an.

Aufgabe 1: Schalenmodell

(2 Punkte)

Geben Sie für die folgenden Kerne den Spin und die Parität an. Bestimmen Sie dafür zunächst die Art und Konfiguration des Leuchtnukleons (sofern es eines gibt).

- a) Tritium
- b) ^3He
- c) ^7Li
- d) ^{13}C
- e) ^{19}F
- f) ^{48}Ca

Aufgabe 2: Fermigas-Modell

(4 Punkte)

Die Anzahl der Zustände dn im Impulsintervall $[p, p + dp]$ ist im Fermigas-Modell für wechselwirkungsfreie Teilchen bei Temperatur $T = 0$ gegeben durch

$$\frac{dn}{dp} = V \frac{p^2}{2\hbar^3 \pi^2},$$

wobei V das Volumen im Ortsraum ist.

- a) Zeigen Sie, dass die Fermi-Energie E_F unabhängig von der Massenzahl A ist, unter der Annahme, dass das Volumen durch $V = 4/3 \cdot \pi r_0^3 A$ gegeben ist. Berechnen Sie dazu zunächst die Zustandsdichte in Abhängigkeit der Energie unter Verwendung der klassischen Energie-Impuls-Relation und dann die Fermi-Energie als Funktion von r_0 . Nehmen Sie an, dass der Kern symmetrisch ist ($N = Z$). Welchen Wert erhält man für $r_0 = 1.2 \text{ fm}$?

- b) Geben Sie den Fermi-Impuls für einen symmetrischen Kern als Funktion von r_0 an. Berechnen Sie den Fermi-Impuls für $r_0 = 1.2$ fm. Kann sich ein Nukleon aufgrund der Unschärferelation überhaupt im Kern aufhalten, wenn man als Impulsunschärfe den Fermi-Impuls annimmt? Ist die nicht-relativistische Näherung gerechtfertigt?

Aufgabe 3: Deuteron-Wellenfunktion

(3 Punkte)

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:

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

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 $u(r \rightarrow \infty) = 0$ 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?

Aufgabe 4: Feynman-Diagramme

(1 Punkt)

Zeichnen Sie alle Feynman-Diagramme für die Reaktion $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ bei denen genau ein Photon ausgetauscht wird. Was ändert sich wenn man stattdessen die Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ betrachtet?