
Übung zur Kern- Teilchen- und Astrophysik I
Prof. Dr. S. Schönert, Prof. Dr. W. Hollik
Wintersemester 2012/13

Blatt Nr. 5

14. November 2012

Aufgabe 1 : Fermigasmodell

Die Anzahl der Zustände dn im Impulsintervall p bis $p + dp$ ergibt sich im Fermigasmodell für wechselwirkungsfreie Teilchen bei Temperatur $T = 0$ zu

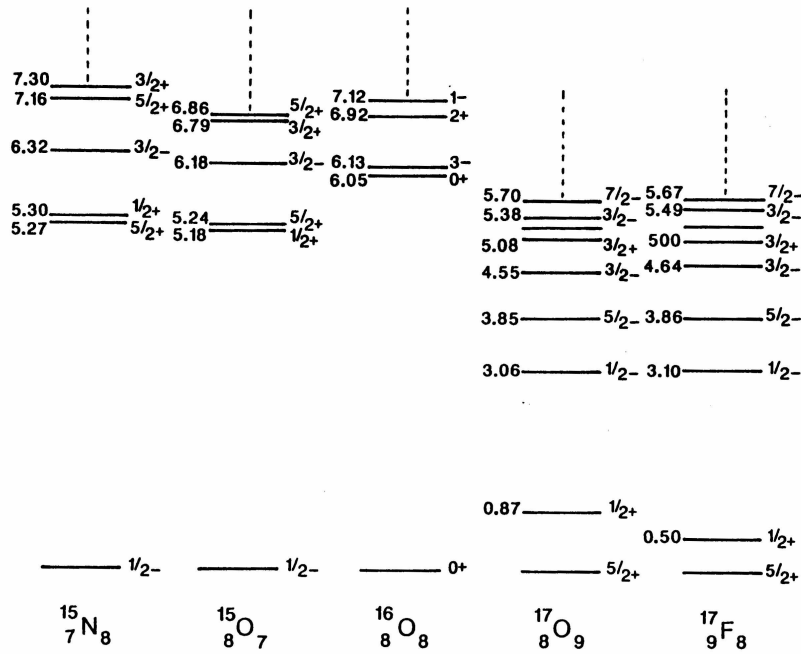
$$dn = \frac{\tau p^2 dp}{2\hbar^3 \pi^2} \quad \text{mit dem Volumen } \tau \text{ im Ortsraum.}$$

- a. Zeigen sie, dass sich alleine aus der Kenntnis der Konstante r_0 mit der Parametrisierung für den Kernradius $R = r_0 A^{1/3}$ bereits die Fermienergie E_F bestimmen lässt. Berechnen sie E_F für $r_0 = 1.3$ fm. Welche Tiefe V_0 hat also der nukleare Potenzialtopf ungefähr?
- b. Berechnen sie die totale Energie E_T für einen symmetrischen Kern mit $Z = N$. Wann und warum wäre in diesem Fall ein asymmetrischer Kern mit der gleichen Massenzahl A instabil?
- c. Berechnen sie die mittlere Energie und den mittleren Impuls der Nukleonen im Kern. Welche Geschwindigkeit haben die Nukleonen? Ist eine nichtrelativistische Behandlung der Nukleonenbewegung im Kern gerechtfertigt? Wie lange dauert ein Umlauf unter der Annahme, das Nukleon würde auf einer Kreisbahn mit Kernradius umlaufen? Hat ein Nukleon überhaupt Platz im Kern? (Hinweis: Unschärferelation)
- d. Betrachten sie nun Protonen und Neutronen getrennt, da die Protonen aufgrund der Coulombabstossung in einem flacheren Potenzialtopf als die Neutronen sitzen.

Der Kern ^{208}Pb ist ein sehr stabiler Kern. Berechnen sie E_F für Protonen und Neutronen. Zeigen sie, dass die unterschiedlichen Werte mit der Coulombabstossung zwischen den Protonen quantitativ erklärt werden können.

Aufgabe 2 : Energien von Schalenmodellzuständen

- a. Berechnen sie den Abstand zwischen den Neutronenschalen $1p_{1/2}$ und $1d_{5/2}$ für Kerne der Massenzahl $A \approx 16$ aus den totalen Bindungsenergien der Atome ^{15}O (111.9556 MeV), ^{16}O (127.6193 MeV) und ^{17}O (131.7627 MeV).
- b. Wie vereinbart sich das mit der Energie des ersten angeregten Zustandes von ^{16}O ?
- c. Welche Information erhält man aus der Energie des entsprechenden Zustandes von ^{17}O ?
- d. Wie interpretieren sie den Unterschied in der totalen Bindungsenergie zwischen ^{17}O und ^{17}F (128.2196 MeV)? Schätzen Sie den Radius dieser Kerne ab.



Aufgabe 3 : Schalenmodell: Spins und Paritäten

Experimentell findet man für Spin und Parität des Grundzustands (Index 0) und des ersten angeregten Zustands (Index 1) einiger Kerne folgende Werte:

	${}^7_3\text{Li}$	${}^{23}_{11}\text{Na}$	${}^{33}_{16}\text{S}$	${}^{41}_{21}\text{Sc}$	${}^{83}_{36}\text{Kr}$	${}^{93}_{41}\text{Nb}$
J_0^P	$3/2^-$	$3/2^+$	$3/2^+$	$7/2^-$	$9/2^+$	$9/2^+$
J_1^P	$1/2^-$	$5/2^+$	$1/2^+$	$3/2^+$	$7/2^+$	$1/2^-$

- Geben sie im Einteilchen-Schalenmodell die Konfiguration der Protonen und Neutronen in nicht abgeschlossenen Unterschalen für diese Kerne an, und vergleichen sie die sich daraus ergebenden Quantenzahlen mit den beobachteten Werten.
- Bei uu-Kernen koppeln die ungepaarten Nukleonen durch Vektoraddition ihrer Gesamtdrehimpulse. Welche möglichen Kernspins und Paritäten ergeben sich für ${}^6_3\text{Li}$ und ${}^{40}_{19}\text{K}$? Experimentell mißt man für diese Kerne die Quantenzahlen 1^+ und 4^- .

