

Kern- und Teilchenphysik

Übung V

Prof. Markus Schumacher, Dr. Henrik Nilsen

1. - 4.6.2010

Anwesenheitsaufgaben

Aufgabe 26 *Schalenmodell*

Was ist der aus dem Schalenmodell vorhergesagte Spin und die Parität der folgenden Kerne: ${}_{15}^{31}\text{P}$, ${}_{30}^{67}\text{Zn}$, ${}_{49}^{115}\text{In}$? Hinweis: siehe Abbildung 1 und Abbildung 2. (Verwenden Sie Abb. 1 für Paritäten, und Abb. 2 für Anzahl Protonen/Neutronen in jeder Schale. Abb. 2 ist neuer und enthält ein paar Korrekturen gegenüber Abb. 1.)

Hausaufgaben

Aufgabe 27 Fermigasmodell – Massendichte im Kern

5 Punkte

In der Vorlesung wurde gezeigt, dass Fermionen im Fermigasmodell eine durchschnittliche kinetische Energie von

$$\langle E_{kin} \rangle = \frac{3}{5} \frac{p_F^2}{2M} = \frac{3}{5} E_F^2 \quad (1)$$

haben, wobei E_F (p_F) die Fermi-Energie (der Fermi-Impuls) ist. Berechnen Sie den Gasdruck der aus der Fermienergie entsteht (Fermi-Druck) in Abhängigkeit von der Kerndichte (ρ). Wie groß ist dieser Druck (in bar) für $\rho = 0.17$ Nukleonen/fm³? Hinweis: Erinnern Sie sich an Ihre Thermodynamik Vorlesung. Hier ist die innere Energie die kinetische Energie.

Aufgabe 28 Fermigasmodell – Neutronsterne

5 Punkte

Wir betrachten einen Neutronenstern als eine Kugel bestehend aus einem Fermigas aus Neutronen mit konstanter Dichte. Berechnen Sie den Radius eines Neutronensterns mit Masse gleich $3 \cdot 10^{30}$ kg (d.h. 1.5 Sonnenmassen). Die Neutronenmasse ist $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg. Hinweise: Die Anzahl der Neutronen-Zustände ist gegeben als

$$N = \frac{V p_F^3}{3\pi^2}. \quad (2)$$

Minimieren Sie die durchschnittliche Energie der Neutronen (Summe von Fermienergie und potentielle Gravitationsenergie) bezüglich des Radius.

Aufgabe 29 Schalenmodell II

5 Punkte

Die gemessenen Spins, Paritäten und Magnetische Momente für folgende Kerne sind:

$${}_{20}^{43}\text{Ca} \left(\frac{7^-}{2}, -1.32\mu_N \right), {}_{41}^{93}\text{Nb} \left(\frac{9^-}{2}, 6.17\mu_N \right), {}_{56}^{137}\text{Ba} \left(\frac{3^+}{2}, 0.931\mu_N \right), {}_{79}^{197}\text{Au} \left(\frac{3^+}{2}, 0.145\mu_N \right). \quad (3)$$

Vergleichen Sie diese Werte mit den Vorhersagen des Schalenmodells. Hinweis: siehe Abbildung 1 und Abbildung 2. (Verwenden Sie Abb. 1 für Paritäten, und Abb. 2 für Anzahl Protonen/Neutronen in jeder Schale. Abb. 2 ist neuer und enthält ein paar Korrekturen gegenüber Abb. 1.)

Aufgabe 30 Elektrisches Quadropolmoment

5 Punkte

Das Quadropolmoment des stark deformierten ${}_{71}^{175}\text{Lu}$ -Kernes wurde als $Q = 5.78$ barn gemessen. Wir nehmen an, dass der Kern die Form eines Ellipsoids mit Halbachsen b (in z -Richtung) und a (in x - und y -Richtungen), gegeben als:

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} \leq 1. \quad (4)$$

(i) Zeigen Sie, dass das Quadropolmoment eines ellipsoiden Kerns gegeben ist als

$$Q = \frac{2}{5} Z e (b^2 - a^2). \quad (5)$$

(ii) Berechnen Sie a und b für den Kern von ${}_{71}^{175}\text{Lu}$.

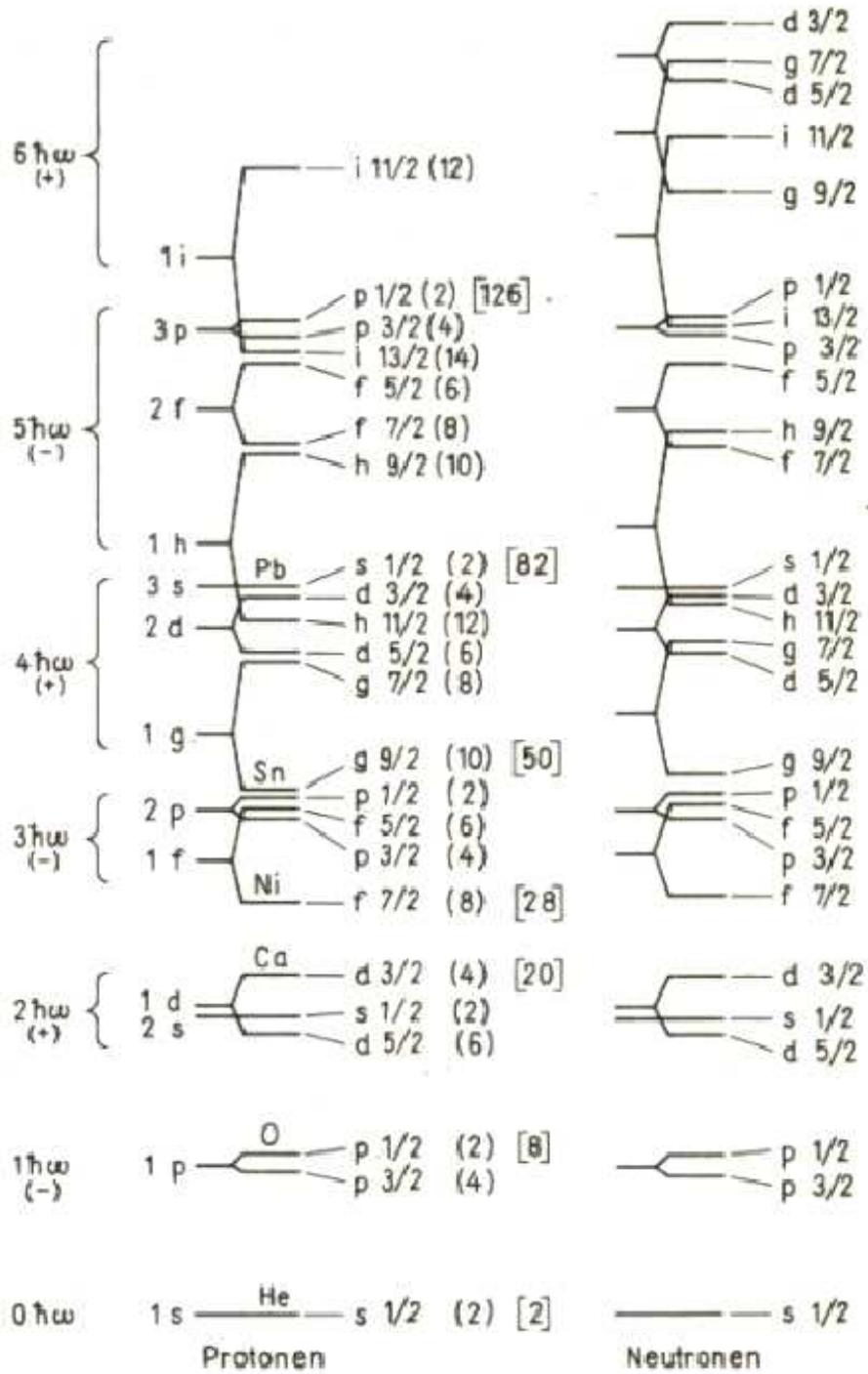


Abbildung 1:

	x_{nl}	Neutron		Proton		
1s	3.14	$1s_{\frac{1}{2}}$	2	2	$1s_{\frac{1}{2}}$	1s
1p	4.49	$1p_{\frac{3}{2}}$	6	6	$1p_{\frac{3}{2}}$	1p
		$1p_{\frac{1}{2}}$	8	8	$1p_{\frac{1}{2}}$	
1d	5.76	$1d_{\frac{5}{2}}$	14	14	$1d_{\frac{5}{2}}$	1d
		$2s_{\frac{1}{2}}$	16	16	$2s_{\frac{1}{2}}$	
2s	6.28	$1d_{\frac{3}{2}}$	20	20	$1d_{\frac{3}{2}}$	2s
1f	6.99	$1f_{\frac{7}{2}}$	28	28	$1f_{\frac{7}{2}}$	
		$2p_{\frac{3}{2}}$	32			
2p	7.73	$1f_{\frac{5}{2}}$	38	32	$2p_{\frac{3}{2}}$	1f
		$2p_{\frac{1}{2}}$	40			
1g	8.18	$1g_{\frac{9}{2}}$	50	38	$1f_{\frac{5}{2}}$	2p
		$2d_{\frac{5}{2}}$	56	40	$2p_{\frac{1}{2}}$	
2d	9.10	$1g_{\frac{7}{2}}$	64	50	$1g_{\frac{9}{2}}$	
		$1h_{\frac{11}{2}}$	76			
1h	9.36	$3s_{\frac{1}{2}}$	78	58	$1g_{\frac{7}{2}}$	1g
		$2d_{\frac{3}{2}}$	82			
3s	9.42	$2f_{\frac{7}{2}}$	90	64	$2d_{\frac{5}{2}}$	
		$1h_{\frac{9}{2}}$	100			
2f	10.42	$3p_{\frac{3}{2}}$	104	76		2d
1i	10.51	$1i_{\frac{13}{2}}$	118			
		$2f_{\frac{5}{2}}$	124			
3p	10.90	$3p_{\frac{1}{2}}$	126	82	$2d_{\frac{3}{2}}$	1h
					$3s_{\frac{1}{2}}$	3s
1j	11.66	$2g_{\frac{9}{2}}$	136	92	$1h_{\frac{9}{2}}$	
		$1i_{\frac{11}{2}}$	148			
2g	11.70	$2g_{\frac{7}{2}}$	156	100	$2f_{\frac{7}{2}}$	

The first and last columns give the sequence of energy levels in a spherical well with infinite walls. The second column gives the corresponding values of $x_{nl} = k_{nl}R$. The third column gives the observed sequence of spin-orbit coupled levels for neutrons, and the fourth the cumulative number of available states in these levels. The remaining two columns give the levels and number of states for protons. The spacings are chosen so that the filling of the neutron and proton shells for stable nuclei is approximately in step down the columns. Lines are drawn at the 'magic numbers'.

Abbildung 2: