

Übungen zu 'Kern- und Teilchenphysik I'

(H.-E.Mahnke, M.P.Heyn, R.Püttner)

Übung 11:Aufgabe 38: Magnetisches Moment

Das magnetische Moment μ eines Teilchens ist definiert als der Erwartungswert $\langle \mu_z \rangle$ des Vektoroperators

$$\vec{\mu}_{\text{op}} = g_1 \vec{j}_1 + g_2 \vec{j}_2$$

mit \vec{j}_i als Drehimpuls der Teilchen i , die zum Gesamtdrehimpuls $\vec{j} = \vec{j}_1 + \vec{j}_2$ koppeln.

a) Beweisen Sie die allgemeine Formel für den g-Faktor $g_j = \mu / j$:

$$2 g_j = g_1 + g_2 + (g_1 - g_2) \cdot \{ j_1 (j_1 + 1) - j_2 (j_2 + 1) \} / [j(j+1)]$$

und spezifizieren Sie diese für $j_1 = 1$, $j_2 = s$ (mit $s = 1/2$) und $j = 1 \pm 1/2$.

b) Der Modellvorstellung von Schmidt folgend rührt das magnetische Moment eines g_u - oder g_o -Kerns vom ungepaarten Nukleon her.

Geben Sie μ für das ungepaarte Proton bzw. Neutron an ($g_p = 1$, $\mu_p = 2.79 \mu_K$ für das Proton; $g_n = 0$, $\mu_n = -1.91 \mu_K$ für das Neutron) (Der Drehimpuls dieses ungepaarten Nukleons ist gleich dem Kernspin).

Skizzieren Sie den sich daraus ergebenden Verlauf der „Schmidt-Linien“ (μ als Funktion von j von $1/2$ bis $13/2$).

(4 Punkte)

Aufgabe 39: Rückstoß

Beim Einfang thermischer Neutronen an ^{10}B wird nach der Kernreaktion $^{10}\text{B} + n \rightarrow ^7\text{Li}^* + \alpha + Q$ der $1/2^-$ -Zustand in ^7Li bei 477 keV bevölkert ($Q = 2.793$ MeV). Berechnen Sie die Dopplerverschiebung des γ -Quants in und entgegen der Emissionsrichtung des α -Teilchens. Zeigen Sie, dass die γ -Emission isotrop ist.

Wie groß ist das beobachtbare Quadrupolmoment dieses $1/2^-$ -Zustands in ^7Li bei 477 keV?

(4 Punkte)

Aufgabe 40: Quadrupolmoment

Das Quadrupolmoment Q_0 einer Ladungsverteilung ist definiert durch

$$eQ_0 = \int \rho(r) (3z^2 - r^2) dV$$

wobei $\rho(r)$ die Ladungsverteilung ist.

a) Ein Kern mit der Ladung Ze habe die Form eines Rotationsellipsoids mit konstanter Ladungsdichte ρ . Berechnen Sie das Quadrupolmoment dieses Kerns mit den Halbachsen a und b (Hinweis: Zylinderkoordinaten!)

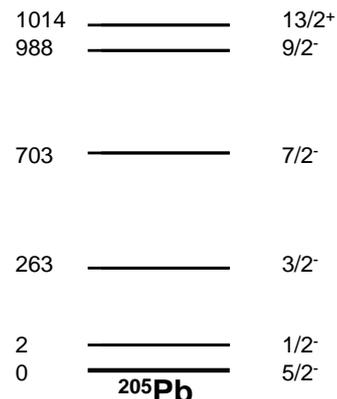
Ergebnis $Q_0 = ? (a^2 - b^2)$

b) Für den Kern ^{158}Gd (Gadolinium) wurde ein Quadrupolmoment von $Q_0 = 10 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ gemessen. Wie groß ist das Achsenverhältnis a/b ? (Hinweis: $R=R_0 A^{1/3}$ mit $R_0 = 1.4 \text{ fm}$).
(4 Punkte)

Aufgabe 41: Elektromagnetische Übergänge

a) Welche elektromagnetischen Übergänge sind in dem dargestellten (sehr vereinfachten, nicht maßstäblichen) Energieschema (Energien in keV) für das Bleisotop ^{205}Pb möglich und zu erwarten?

Schätzen Sie grob die Lebensdauern bzw. Verzweigungen ab (benutzen Sie die „Einteilchen-Lebensdauern“ nach Weißkopf, Graphik der Halbwertszeiten auf Seite 11 vom Skript 20.12. 2007). Welches ist der langlebigste Zustand?



b) Die Halbwertszeit des Übergangs $5/2^+ \rightarrow 1/2^+$ mit einer Übergangsenergie von 245 keV im ^{111}Cd beträgt 84 ns, die des $2^+ \rightarrow 0^+$ Übergangs (Energie 103 keV) im ^{180}W 1.2 ns. Vergleichen Sie die Werte mit Abschätzungen aus der Graphik der Halbwertszeiten (siehe a).

(3 Punkte)

