

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

Blatt Nr. 10

14. Dezember 2012

Aufgabe 1 : Auswahlregeln

Elektromagnetische Strahlungsübergänge von einem Zustand $|a\rangle$ in einen Zustand $|b\rangle$ erfolgen unter Emission eines Photons der Energie $\omega = E_a - E_b$. Die Zustände $|a\rangle$ und $|b\rangle$ seien festgelegt durch die Werte des Bahndrehimpulses (Spin werde vernachlässigt) und durch weitere simultane Quantenzahlen α_a, α_b :

$$|a\rangle = |l_a m_a, \alpha_a\rangle, |b\rangle = |l_b m_b, \alpha_b\rangle .$$

- a. Welche Übergänge Ej und Mj sind durch Drehimpuls- und Paritätserhaltung erlaubt? Es werde angenommen, dass die Parität von $|a\rangle$ und $|b\rangle$ allein durch den Bahndrehimpuls bestimmt ist.
- b. Welche Übergänge gibt es für $l_b = 0$ und $l_a = 2l$ sowie $l_a = 2l + 1$ ($l = 0, 1, 2, \dots$)?
- c. Welche Übergänge sind erlaubt für $l_a = 3$ und $l_b = 1$? Welcher Übergang dominiert?

Aufgabe 2 Multipolstrahlung

${}^7\text{Li}$ besitzt einen angeregten $1/2^-$ -Zustand, der unter Emission eines 477 keV γ -Quants in den Grundzustand ($3/2^-$) zerfällt. Welche Multipolaritäten sind für die γ -Strahlung möglich? Welche ist die wahrscheinlichste? Schätzen Sie mit Hilfe der Graphik die Halbwertszeit des Übergangs ab.

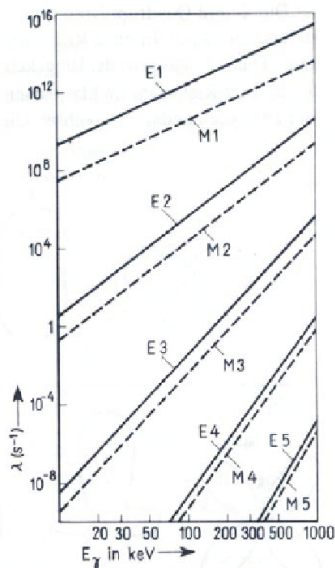
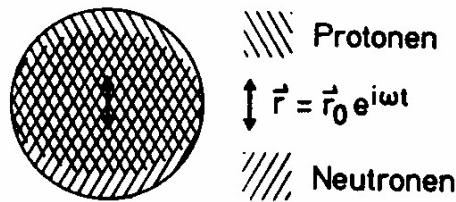


Fig. 38
 Einteilchen γ -Übergangswahrscheinlichkeiten für verschiedene Multipolstrahlungen; nach [Mos 65]

(aus Mayer-Kuckuk, Kernphysik)

Aufgabe 3 : Elektrische Dipolresonanz

Bei der elektrischen Dipolresonanz werden die Protonen und Neutronen im Kern in gegenphasige Schwingungen versetzt.



- Wie groß ist die mittlere Auslenkung zwischen den Schwerpunkten der Protonen und Neutronen in der Dipolresonanz für Kerne mit $Z = N = A/2$? Geben sie den Zahlenwert für ^{40}Ca an. Hinweis: Die A -Abhängigkeit der Resonanzenergie wird durch $\hbar\omega \approx 80/A^{1/3}$ MeV sehr gut beschrieben.
- Berechnen sie das Quadrat des Matrixelements für den Dipolübergang in diesem Modell.
- Berechnen sie das Matrixelement für einen Proton- bzw. Neutron-Dipolübergang im Schalenmodell mit dem Potenzial des harmonischen Oszillators, und berücksichtigen sie dabei, dass die Einteilchen-Anregungen etwa halb so groß wie die der Riesenresonanz sind.

Hinweis: Der Operator für den elektrischen Dipolübergang ist gegeben durch:

$$\check{D} = e \frac{N}{A} \sum_{p=1}^Z \check{x}_p - e \frac{Z}{A} \sum_{n=1}^N \check{x}_n.$$

Dieser Ausdruck lässt sich so interpretieren, dass die *effektive* Ladung eines Protons $e_p = eN/A$ bzw. eines Neutrons $e_n = -eZ/A$ ist. Zur Berechnung der gesamten Übergangswahrscheinlichkeit wird über die Beiträge aller Nukleonen in der Oszillatorschale summiert.