



Übung 8

(Ausgabe: 18.12.2014 in der Vorlesung, Abgabe: 13.01.2015 in den Übungen)

Übungsaufgaben (werden korrigiert und bewertet, zulassungsrelevant.)

▪ **Aufgabe 1: Revue der Vorlesung – Schalenmodell, kollektive Anregungen und die starke Wechselwirkung (10 Punkte + 12 Bonuspunkte)**

- a) Was versteht man unter „Intruder“-Zuständen im Schalenmodell und was sind deren charakteristische Eigenschaften? (2 Punkte)
- b) Wie kann man mit Hilfe des Schalenmodells Spin und Parität des Grundzustandes eines bestimmten Kernes bestimmen? Geben Sie Spin und Parität des Grundzustandes der folgenden Kerne an:

$${}^{27}_{13}\text{Al}, {}^{28}_{14}\text{Si}, {}^{29}_{14}\text{Si}, {}^{31}_{15}\text{P}, {}^{32}_{16}\text{S}, {}^{33}_{16}\text{S}! \text{ (4 Punkte)}$$

- c) Wie unterscheiden sich das Schalenmodell und das Nilsson-Modell? Für welche Kerne werden sie typischerweise verwendet? Diskutieren Sie im Nilsson-Modell für einen deformierten Kern die Aufspaltung des $f_{7/2}$ -Niveaus aus dem Schalenmodell! Welche m -Quantenzahlen liegen in einem oblat bzw. prolat deformierten Kern energetisch am niedrigsten? (3 Punkte)
- d) Erklären Sie, was man unter der YRAST-Bande versteht! (1 Punkt)
- e) Wie können Vibrationskerne und Rotationskerne anhand ihrer Anregungsspektren unterschieden werden? Geben Sie jeweils ein Beispiel! (2 Bonuspunkte)
- f) Wozu führt man den Isospin bei der Beschreibung von Atomkernen ein? Welchen Isospin haben Protonen und Neutronen? Wie lässt sich der Isospin eines Atomkerns allgemein berechnen? Welchen Isospin besitzt der Grundzustand von ${}^{16}\text{O}$ bzw. ${}^{18}\text{O}$? (3 Bonuspunkte)
- g) Argumentieren Sie mit Hilfe des Isospinformalismus, warum das Deuteron im gebundenen Zustand einen Spin von $S=1$ besitzt! Welche Rückschlüsse können Sie hierdurch auf die Spinabhängigkeit der Kernkraft ziehen? (3 Bonuspunkte)
- h) Nennen Sie Eigenschaften der starken Wechselwirkung! (4 Bonuspunkte)

▪ **Aufgabe 2: Ein-Teilchen-Schalenmodell und der Nukleonspin (11 Punkte)**

Im Ein-Teilchen-Schalenmodell ergibt sich bei uu -Kernen Spin und Parität des Grundzustandes aus der Kopplung der Zustände des ungepaarten Protons und Neutrons.

Betrachten Sie nun die folgenden Kerne:

$$J_0^\pi({}^{16}\text{N}) = 2^-, J_0^\pi({}^{12}\text{B}) = 1^+, J_0^\pi({}^{34}\text{P}) = 1^+ \text{ und } J_0^\pi({}^{28}\text{Al}) = 3^+.$$

- a) Bestimmen Sie jeweils die Teilchenkonfigurationen für Neutronen und Protonen! (3 Punkte)
- b) Zeichnen Sie einfache Vektordiagramme, die die Kopplung der Spins von ungepaartem Neutron und Proton zum Spin des Grundzustandes illustrieren! (2 Punkte)
- c) Zeichnen Sie in Ihrem Diagramm nun die zu $\vec{j}_{p,n}$ führenden Vektorsummen $\vec{l}_{p,n} + \vec{s}_{p,n}$ ein! (1 Punkt)
- d) Leiten Sie aus den Diagrammen eine empirische Regel ab, wie $\vec{s}_n$ und $\vec{s}_p$ im Grundzustand der uu -Kerne orientiert sind! (1 Punkt)
- e) Bestimmen Sie mit Hilfe der gefundenen Regel Spin und Parität des Grundzustands von ${}^{26}\text{Na}$ und ${}^{28}\text{Na}$! (4 Punkte)

▪ **Aufgabe 3: Kopplung kollektiver Anregungen an Ein-Teilchen-Konfigurationen (5 Punkte)**

Beim sphärischen Kern ^{142}Nd ($N=82$) findet man sowohl Quadrupol- als auch Oktupolschwingungen, die miteinander gekoppelt sein können.

- Welche Quantenzahlen erwarten Sie für die Zwei-Phononen-Zustände ($2^+ \otimes 3^-$)? (2 Punkte)
- Bei Kernen mit ungerader Nukleonenzahl kann das ungepaarte Nukleon mit dem Phonon einer kollektiven Anregung koppeln. Welche Quantenzahlen erwarten Sie demnach für die Zwei-Phononen-Zustände ($2^+ \otimes 3^-$) im Kern ^{143}Nd ? Koppeln Sie dazu das Nukleon aus der $f_{7/2}$ -Schale mit den resultierenden Zuständen der Zwei-Phononen-Kopplung aus Teilaufgabe a)! (2 Punkte)
- Welche dieser Zustände im Kern ^{143}Nd können Sie durch $E1$ -Übergänge aus dem Grundzustand mit $J^\pi=7/2^-$ anregen? (1 Punkt)

▪ **Aufgabe 4: Drei-Phonon-Zustände (4 Punkte)**

Welche Quantenzahlen J erwarten Sie für die Drei-Phonon-Zustände ($3^- \otimes 3^- \otimes 3^-$)? (4 Punkte)

Weitere Bonusaufgaben:

▪ **Aufgabe 5: Dipolriesenresonanz (4 Bonuspunkte)**

Die Dipolriesenresonanz (GDR) stellt man sich makroskopisch als gegenphasige Schwingung eines Protonen- und Neutronenfluids vor. In ^{197}Au liegt die Resonanzenergie der GDR bei $E_{\text{GDR}}=13.73$ MeV.

- Berechnen Sie aus der Resonanzenergie die Schwingungsfrequenz ω der Anregung und leiten Sie hieraus die klassische Federkonstante D ab!
- Schätzen Sie mit Hilfe der Federkonstante den maximalen Abstand Δr , den Protonen und Neutronen voneinander besitzen und vergleichen Sie dies mit der Größe von ^{197}Au ! Was lernen Sie durch diesen Vergleich?

▪ **Aufgabe 6: Kopplung von drei Valenznukleonen mit gleichem j_i (4 Bonuspunkte)**

Welche Quantenzahlen J erwarten Sie für die Kopplung dreier Valenznukleonen aus der $d_{5/2}$ -Schale?

▪ **Aufgabe 7: Rotation von ^{174}Hf (2 Bonuspunkte)**

In ^{174}Hf werden zwei ähnliche Rotationsbanden beobachtet. Die Anregungsenergien dieser sind in nachfolgender Tabelle in MeV angegeben.

	$E(0^+)$	$E(2^+)$	$E(4^+)$	$E(6^+)$	$E(8^+)$	$E(10^+)$	$E(12^+)$
Bande 1	0	0.091	0.297	0.608	1.010	1.486	2.021
Bande 2	0.827	0.900	1.063	1.307	1.630	2.026	2.489

Stellen Sie die Banden in einem Energie-Drehimpuls-Diagramm dar und kalkulieren Sie die Trägheitsmomente dieser Rotationsbänder! Was lernen Sie aus den Trägheitsmomenten?

Wir wünschen Ihnen schöne Feiertage und ein erfolgreiches Neues Jahr 2015!