

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	Kernphysik WS 2022/2023	Prof. Dr. Jürgen Schnack jschnack@uni-bielefeld.de
--	----------------------------	---

Aufgabenblatt 12

12.1 Schalenmodell für Fermionen

Wir betrachten Nukleonen im Potential eines isotropen harmonischen Oszillators der Frequenz ω . In der Vorlesung haben wir zur Beschreibung der Energieeigenwerte die Drehimpulsquantenzahl genutzt. Jetzt beschreiben wir die Energieeigenwerte und Einteilchenzustände mittels $\vec{n} = (n_x, n_y, n_z)$ sowie durch die magnetische Quantenzahl m_s , da die Nukleonen einen Spin von $s = 1/2$ besitzen.

- Nehmen Sie jetzt an, wir suchten den Grundzustand für N Nukleonen. Hierbei gibt es jetzt vier Arten an identischen Fermionen, die sich durch die z -Komponenten von Isospin und Spin charakterisieren lassen: Protonen sowie Neutronen und Spin „rauf und runter“. Berechnen Sie die Energieeigenwerte als Funktion der Anzahl für eine Teilchensorte und Spinpolarisation (bis 100 Teilchen) und stellen Sie diese graphisch dar.
- Untersuchen Sie diese Kurve. Differenzieren Sie diese einmal und zweimal numerisch. Was fällt Ihnen auf? Wie könnte man dies interpretieren?
- Zusatz:** Lesen Sie den Nobelpreisvortrag von Maria Goeppert Mayer; Sie finden ihn im LernraumPlus.

12.2 Dreidimensionales deformiertes Schalenmodell

Ein dreidimensionales Potential des harmonischen Oszillators sei deformiert. Es gelte $\omega_x = \omega_y \neq \omega_z$. Die Deformation werde durch

$$\delta = \frac{\omega_z}{\omega_x} - 1 \quad (1)$$

parametrisiert.

Stellen Sie die tiefliegenden Einteilchenenergieeigenwerte $E(n_x, n_y, n_z)$ für $\delta \in [-0.5, 0.5]$ graphisch dar.

12.3 β -Zerfälle

- a. Erklären Sie mit Hilfe des Schalenmodells β^+ - und β^- -Zerfälle. Welche beiden Prinzipien sind wichtig? Gehen Sie insbesondere darauf ein, warum Neutronen, die frei instabil sind, in stabilen Kernen nicht zerfallen und warum Protonen, die frei stabil sind, in β^+ -instabilen Kernen zerfallen.
- b. Die Energiebilanz der β -Zerfälle kann auf der Ebene der Kerne sowie auf der Ebene der Atome diskutiert werden. Lesen Sie dazu
<https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/radioaktivitaet-fortfuehrung/grundwissen/energiebilanz-beim-beta-minus-zerfall>
und
<https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/radioaktivitaet-fortfuehrung/grundwissen/energiebilanz-beim-beta-plus-zerfall>
Wie ist der Q -Faktor definiert und was enthält er?
Warum betrachtet man für die Energiebilanz auch die Bindungsenergien der Elektronen von Mutter- und Tochteratom?
- c. Erklären Sie dem Tutor, warum manche β^- -Zerfälle aufgrund des Pauliprinzips unter den Elektronen nicht stattfinden können.

12.4 Wissen III – Zusatzpunkte!

- a. Wie lautet die Bethe-Weizsäcker-Formel aus der Vorlesung? Benennen Sie die auftretenden Terme.
- b. Wie sieht das Dichteprofil eines größeren Kernes qualitativ aus? Skizzieren Sie das Profil. Was ist ungewöhnlich? Womit begründet man diese Form?
- c. Erläutern Sie mit wenigen Sätzen und 2 Skizzen, wie man Kernradien bestimmen kann.
- d. Wie lautet die Rutherford'sche Streuformel? Wie hängt Sie von der kinetischen Energie der einfallenden Teilchen ab?
- e. Wiederholung zum Streuquerschnitt harter Kugeln: Wie groß ist der totale Wirkungsquerschnitt für den Stoß zweier harter Kugeln mit den Radien R_1 und R_2 aneinander? Begründen Sie.