

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

Aufgabenblatt 2

2.1 Eindimensionaler Harmonischer Oszillator

Wiederholen oder studieren Sie die Eigenschaften des quantenmechanischen Oszillators in einer Raumdimension.

- Wie lautet der Hamiltonoperator unter Verwendung von Ort und Impuls sowie unter Verwendung der Auf- und Absteiger?
- Wie lauten die Energieeigenwerte?
- Wie lauten die Eigenzustände? Geben Sie die Ortsdarstellung der untersten drei Eigenzustände an.
- Für den ersten angeregten Zustand des harmonischen Oszillators berechne man die Aufenthaltswahrscheinlichkeit im klassisch verbotenen Bereich. Das Ergebnis ist eine Zahl.

2.2 Eindimensionales Schalenmodell

Selbstverständlich sind Atomkerne dreidimensionale Objekte. Der Einfachheit halber betrachten wir im Folgenden aber einen eindimensionalen Kern. Die vier eindimensionalen Nukleonen werden durch einen simplen Produktzustand beschrieben und befinden sich je zu zweit in den untersten beiden Niveaus eines harmonischen Oszillatorpotentials, für das $\hbar\omega = 16 \text{ MeV}$ ist. Die Masse der Nukleonen sei $m = 939 \text{ MeV}/c^2$.

Sie können zur Auswertung ein Programm Ihrer Wahl benutzen, z.B. Mathematica.

- Stellen Sie die Dichte als Funktion von x dar.
- Berechnen Sie die Ausdehnung

$$R_{\text{rms}}^2 = \left\langle \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(\tilde{x}_k - R_{\text{cm}} \right)^2 \right\rangle . \quad (1)$$

- Berechnen Sie die kinetische Energie.

2.3 Streuung klassischer Teilchen

Nutzen Sie das bereitgestellte Mathematica-Notebook, in dem ein klassisches Teilchen an einem zweiten Teilchen, das im Ursprung festgehalten ist, gestreut wird, als Vorlage. Sie können das gern z.B. nach Python übertragen.

Versuchen Sie zu verstehen, wie die Hamiltonschen Bewegungsgleichungen umgesetzt sind und wie sinnvolle Parameter (Massen, Längen etc.) definiert werden, indem z.B. die Energie durch mc^2 geteilt, Geschwindigkeiten als Vielfache von c angegeben und Längen in fm genutzt werden.

- a. Zuerst wird ein Coulomb-Potential verwendet. Probieren Sie mehrere Stoßparameter aus. Stellen Sie die Bahnen graphisch dar.
- b. Dann wird zum Coulomb-Potential ein kurzreichweitig abstoßendes Potential addiert. Wiederholen Sie Ihre Untersuchungen.
- c. Vergleichen Sie beide Graphiken und versuchen Sie die Ausdehnung des streuenden Objektes zu definieren.
- d. Verändern Sie das Notebook und wählen Sie statt des gegebenen abstoßenden Potentials ein anderes Ihrer Wahl, z.B. in Form einer Fermi-Funktion.