

# HÖHERE QUANTENMECHANIK

SoSe 2023 – PROF. MARC WAGNER

LASSE MÜLLER: [lmuller@itp.uni-frankfurt.de](mailto:lmuller@itp.uni-frankfurt.de)

MARC WINSTEL: [winstel@itp.uni-frankfurt.de](mailto:winstel@itp.uni-frankfurt.de)

## Aufgabenblatt 7

Abgabe bis 06.06.23, 12 Uhr. Besprechung in den Tutorien am 07.06 und 09.06.23.

**Aufgabe 1** [*Streuung am Yukawa Potential, Bornsche Näherung II*] (3+2+3+3+3=14 Pkt.)

Betrachte das Yukawa Potential aus Blatt 6, Aufgabe 2 mit  $\lambda > 0$ . Beschränke dich auf die beiden Spezialfälle  $k/\lambda = 3$  und  $k/\lambda = 0.2$ .

- Bestimme näherungsweise (unter Zuhilfenahme eines Computers oder durch grobe analytische Abschätzungen), für welche Werte von  $A$  die Bornsche Näherung vernünftig ist.
- Schätze für  $k/\lambda = 3$  und  $k/\lambda = 0.2$  ab, für welches  $l_{\max}$  die Summe der Partialwellenbeiträge  $\sum_{l=0}^{l_{\max}} \sigma_l$  eine vernünftige Näherung des totalen Wirkungsquerschnitts  $\sigma$  ist. *Hinweis: Die Reichweite des Yukawa Potentials kann als  $1/\lambda$  angenommen werden.*
- Bestimme in Bornscher Näherung die zugehörigen Streuphasen  $\delta_l(E)$  für  $l = 0, 1, 2, 3$  (löse die dabei auftretenden 1-dimensionalen Integrale numerisch).
- Nutze das Ergebnis aus Blatt 6 Aufgabe 2(b) und bestimme den totalen Wirkungsquerschnitt. Es ist möglich, aber nicht einfach das 1-dimensionale Integral analytisch zu lösen. Daher mag es zweckmäßig sein, die Integration numerisch auszuführen.
- Berechne die Partialwellenbeiträge  $\sigma_l$  zum totalen Wirkungsquerschnitt und vergleiche mit dem Ergebnis aus (d). Stimmen die numerischen Ergebnisse mit deinen theoretischen Erwartungen überein?

*Hinweise: Bei der numerischen Lösung von Integralen ist es ratsam, zunächst durch geschickte Substitution dimensionsbehaftete Größen aus dem Integral zu entfernen. 1-dimensionale bestimmte Integrale können leicht numerisch gelöst werden, z.B. mit Mathematica oder mit Python und dem SciPy Package. Unter [https://www.tutorialspoint.com/execute\\_python\\_online.php](https://www.tutorialspoint.com/execute_python_online.php) gibt es die Möglichkeit, Python-Code im Browser auszuführen. Unter <https://www.wolframalpha.com> kann Mathematica-Syntax sowie teilweise Pseudocode im Browser ausgeführt werden.*

**Aufgabe 2** [*Bonusaufgabe: Zusammenfassung zur Streutheorie*] (4 Pkt.)

Nenne für jedes der in der Vorlesung diskutierten Unterkapitel zur Streutheorie in drei Dimensionen (3.2.1 bis 3.2.9) die Kernaussage, indem du auf maximal einer Seite die wesentlichen Stichwörter und Formeln zusammenstellst.

**Aufgabe 3** [*Relativistische Korrekturen in Störungstheorie*] (6 Pkt.)

Betrachte den 1-dimensionalen harmonischen Oszillator mit Masse  $m$  und Frequenz  $\omega$  und berechne die führende relativistische Korrektur des Energieeigenwertes des Grundzustands in 1.Ordnung Störungstheorie. Entwickle dazu die relativistische Energie-Impuls-Beziehung für kleine Impulse und verwende das Korrespondenzprinzip, um eine entsprechende Schrödinger-Gleichung aufzustellen. Erkläre in einfachen Worten ohne auf deine Rechnung Bezug zu nehmen, warum das Vorzeichen der Energiekorrektur negativ ist.