

Übungszettel im Netz unter <http://www.tp4.rub.de/hat/>

### Aufgabe 1: Die WKB-Methode

Berechnen Sie die Welleneigenfunktionen und die Energie-Eigenwerte mit Hilfe der WKB-Methode für folgende Potentiale:

a)

$$V_1(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } 0 < x < a \\ \infty & \text{sonst} \end{cases} \quad (1)$$

b)

$$V_2(x) = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \quad (2)$$

und vergleichen Sie die Energieniveaus mit denen aus der letzten Anwesenheitsübung (Fall a) bzw. der Vorlesung (Fall b).

### Aufgabe 2: Teilchen im Delta-Potential

Eine der wenigen elementar berechenbaren Lösungen der Schrödinger-Gleichung ergibt sich für eine (negative) 'Potentialspitze'  $V(x) = -V_0 \delta(x)$  mit  $V_0 = \text{const} > 0$ .

(a) Berechnen Sie die Lösungen der stationären Schrödinger-Gleichung  $\hat{H}\psi(x) = E\psi(x)$  für gebundene Zustände mit  $E < 0$ . Schreiben Sie dazu diese Gleichung in der Form

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - k^2 \psi = 0, \quad k = \text{const}$$

und setzen Sie für die normierbare Wellenfunktion

$$\begin{aligned} \psi(x < 0) &= \alpha \exp\{+kx\} + \beta \exp\{-kx\} \\ \psi(x > 0) &= \gamma \exp\{+kx\} + \delta \exp\{-kx\} \end{aligned}$$

an. Nutzen Sie dann die Stetigkeitsbedingung

$$\psi(0+) := \lim_{x \rightarrow 0+} \psi(x) = \lim_{x \rightarrow 0-} \psi(x) =: \psi(0-)$$

aus, um die Normierungskonstante zu bestimmen. Skizzieren Sie eine Lösung  $\psi(x)$ .

(b) Aus der Schrödinger-Gleichung ergibt sich, dass

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \{\psi'(0+) - \psi'(0-)\} - V_0 \psi(0) = 0$$

gilt, wobei  $\psi'(x) = d\psi/dx$ . Verwenden Sie diese Beziehung, um die Energien der gebundenen Zustände zu berechnen. Wieviele gebundene Zustände gibt es?

### Aufgabe 3: Verständnisfragen

Beantworten Sie die folgenden Fragen mit 'Ja' oder 'Nein':

Ja    Nein

- |   |                       |                       |
|---|-----------------------|-----------------------|
| (1) Ist $\hbar$ größer als $h$ ?  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| (2) Ist der Erwartungswert einer Observablen immer reell?   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| (3) Erfüllt $\psi^*$ die Schrödingergleichung?  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| (4) Sind quantenmechanische Operatoren kommutativ?  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| (5) Vermittelt die Fouriertransformation zwischen Orts- und Impulsdarstellung?                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| (6) Darf sich in der WKB-Näherung die Amplitude der Wellenfunktion schnell mit dem Ort ändern?        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| (7) Können für $[A, B] \neq 0$ die beiden Operatoren $A$ und $B$ gleichzeitig scharf gemessen werden? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |