

**Theoretische Physik III (Lehramt)**  
**- SoSe 2017 -**  
Beispielhafte Fragen / Aufgaben

---

Fragen zur Quantenmechanik:

1. Wie lauten die drei Postulate der Quantenmechanik?
2. Welche Bedeutung hat die quantenmechanische Wellenfunktion  $\Psi(\vec{x}, t)$ ?
3. Für eine gegebene Wellenfunktion  $\Psi(\vec{x}, t)$  – wie lautet ihre Impulsdarstellung, und was ist deren Bedeutung?
4. Wie lautet die Heisenberg'sche Unschärferelation und was ist ihre Bedeutung?
5. Was versteht man unter einer stationären Schrödingergleichung, und welche Art Problem wird aus mathematischer Sicht durch sie formuliert?
6. Was ist das Energiespektrum des harmonischen Oszillators? Von welcher Form sind die stationären Zustände?
7. Was ist das Energiespektrum des Wasserstoff-Atoms (ohne Spin)?
8. Wie lautet der Ausdruck für die Wellenfunktion eines Spin-1/2 Teilchens?
9. Was versteht man unter dem Pauli-Prinzip?
10. Wie lautet das Spin-Statistik Theorem?
11. Was versteht man unter einer Singlett? Was versteht man unter einem Triplet?
12. Was versteht man unter einem Photon?
13. Was versteht man unter einem Phonon?
14. Was besagt das Einstein-Podolsky-Rosen Paradox, und wie wird es aufgelöst?
15. Was besagen die Bell'schen Ungleichungen und inwiefern sind sie im Konflikt mit der Quantenmechanik?
16. Welches Problem der Kryptographie wird durch das BB84 Protokoll gelöst, und inwiefern ist die Quantenmechanik hier entscheidend?

Fragen zur Thermodynamik:

1. Wie lauten die Hauptsätze der Thermodynamik?
2. Wie lautet die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases? Wie lautet die kalorische Zustandsgleichung?

3. Was versteht man unter einer thermodynamischen Zustandsgröße? Warum ist “Wärme” keine Zustandsgröße?
4. Was ist ein Carnot-Prozess?
5. Was ist der optimale Wirkungsgrad eines Carnot-Prozesses?
6. Wodurch sind das mikrokanonische, das kanonische und das großkanonische Ensemble der Gleichgewichtsstatistik charakterisiert?
7. Wie lautet die Planck’sche Strahlungsformel?
8. Was versteht man unter der “kosmischen Hintergrundstrahlung” und wie ist diese charakterisiert?
9. Was versteht man unter einem idealen Fermigas?
10. Warum dürfen die Leitungselektronen in einem Metall trotz ihrer starken Coulombwechselwirkung als nahezu ideales Fermigas behandelt werden?
11. Was versteht man unter einem idealen Bose-Gas?
12. Was versteht man unter der Bose-Einstein-Kondensation? In welchen Systemen kann Bose-Einstein-Kondensation beobachtet werden?
13. Was versteht man unter einem Phonon?
14. Wie verhält sich die Wärmekapazität eines Festkörpers als Funktion der Temperatur?

Fragen zur Theorie der Elementarteilchen:

1. Was versteht man unter dem Standardmodell der Elementarteilchentheorie?
2. Wie lautet die Klein-Gordon-Gleichung und welche Teilchen werden durch sie beschrieben?
3. Wie lautet die Dirac-Gleichung und welche Teilchen werden durch sie beschrieben?
4. Was versteht man unter dem Higgs-Mechanismus?

▷ **Aufgabe 1**

Gegeben eine Wellenfunktion

$$\psi(x) = \begin{cases} \mathcal{N}e^{-\kappa x/2} & \text{für } x \geq 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (1)$$

Wie muss  $\mathcal{N}$  gewählt werden, damit  $\psi$  normiert?

Welche Werte haben der Erwartungswert und Varianz bei Ortsmessung?

Was ist die Wellenfunktion in der Impulsdarstellung?

Erwartungswert und Varianz bei Impulsmessung?

▷ **Aufgabe 2**

Eine Feder der Ruhelänge  $l_0$  liege reibungsfrei auf einen waagrechten Tisch. Das linke Ende sei mit dem Tisch verbunden, am rechten Ende eine Masse  $m$  befestigt. Die Feder selbst sei masselos. Die Auslenkung aus der Ruhelage der Feder sei mit  $q$  bezeichnet. Wie lautet die Hamiltonfunktion dieser Konfiguration?

Nun sei die gleiche Feder mit dem oberen Ende an der Decke befestigt, und hänge mit dem unteren Ende, an dem die Masse  $m$  befestigt ist, nach unten. Wie lautet die Hamiltonfunktion in diesem Fall?

Wie lautet die Grundzustandwellenfunktion des quantisierten Systems?

▷ **Aufgabe 3**

Spin-1/2 Teilchen seien in einem Zustand  $|\psi\rangle = \mathcal{N}(|\uparrow_x\rangle + |\downarrow_z\rangle)$  präpariert. Wie muss  $\mathcal{N}$  gewählt werden damit  $|\psi\rangle$  normiert,  $\langle\psi|\psi\rangle = 1$ .

Die Teilchen werden nun durch einen Stern-Gerlach Magneten mit Orientierung in  $y$ -Richtung geschickt. Mit welcher W'keit verlassen die Teilchen den SGM durch den oberen Kanal?

▷ **Aufgabe 4**

Bei der isothermen Expansion eines idealen Gases  $V_A \rightarrow V_B > V_A$  – welche Arbeit leistet das Gas? Welche Wärmemenge nimmt es auf oder gibt es ab?

▷ **Aufgabe 5**

$N$  Teilchen eines idealen Gases seien in einer Kiste vom Volumen  $V$  eingesperrt. Mit welcher Wahrscheinlichkeit befinden sich  $n$  Teilchen in einem Teilvolumen  $V_1$ ? Mittelwert der Teilchenzahl im Teilvolumen? Varianz?

▷ **Aufgabe 6**

Man berechne das chemische Potential eines klassischen idealen Gases im Mikrokanonischen Ensemble.

Hinweis: Die Oberfläche der  $n$ -dimensionalen Einheitskugel ist  $\int d\Omega = \frac{2\pi^{n/2}}{\Gamma(n/2)}$ , mit  $\Gamma$  die  $\Gamma$ -Funktion, insbesondere  $\Gamma(N + 1) = N!$ . Asymptotisch  $\Gamma(z) = \sqrt{2\pi}e^{-z}z^{z-\frac{1}{2}}[1 + \mathcal{O}(z^{-1})]$ .