

---

Theoretische Physik II (Lehramt, Geophysik, Wahlfach)  
9. Übung

---

Sommersemester 2019

**Auf diesem Blatt finden Sie eine Liste von Fragen zur Quantenmechanik, die Ihnen als Lernkontrolle dienen soll. Gehen Sie die Fragen sorgfältig durch, und nutzen Sie die kommenden Übungsstunden um eventuelle Verständnislücken zu schließen. Eine Abgabe ist nicht erforderlich.**

### 31. Lernkontrolle Quantenmechanik

- 1) In welchem physikalischen Kontext wurde von Planck das Wirkungsquantum  $h$  eingeführt? Wie groß ist es?
- 2) Durch welche mathematische Objekte werden Zustände eines quantenmechanischen Systems beschrieben?
- 3) Was versteht man unter der Superposition zweier Zustände?
- 4) Was bedeutet die Orthogonalität zweier Zustände mathematisch und physikalisch?
- 5) Was ist ein Operator? Wann ist ein Operator hermitesch? Was sind Eigenwerte und Eigenvektoren eines Operators?
- 6) Wie hängen Operatoren mit physikalischen Größen zusammen? Wie bestimmt sich der Erwartungswert einer Größe eines Systems im Zustand  $\psi$ ?
- 7) Wozu braucht man Schrödingergleichung und Hamiltonoperatoren?
- 8) Wie lautet die Schrödingergleichung?
- 9) Warum muss ein Hamiltonoperator hermitesch sein? Welche physikalische Größe beschreibt er?
- 10) Warum gilt auch in der Quantenmechanik der Energieerhaltungssatz?
- 11) Was versteht man unter der zeitunabhängigen Schrödingergleichung?
- 12) Was ist der Zusammenhang zwischen dem Zustand  $|\psi\rangle$  eines Teilchens und seiner Wellenfunktion  $\psi(x)$ ? Welche physikalische Bedeutung hat  $|\psi(x)|^2$ ?
- 13)  $\psi(x)$  und  $\varphi(x)$  seien die Wellenfunktionen zweier Teilchenzustände  $|\psi\rangle$  und  $|\varphi\rangle$ ,  $V$  sei ein Potentialoperator zur Potentialfunktion  $V(x)$ . Stellen Sie  $\langle\psi|\varphi\rangle$  und  $\langle\psi|V|\varphi\rangle$  durch die Wellenfunktionen dar.

- 14) Wie ist der Impulsoperator eines Teilchens definiert? Wie lautet er in Ortsdarstellung?
- 15) Wie lautet die Wellenfunktion eines Impulseigenzustands  $|p\rangle$ ?
- 16) Wie lautet der Hamiltonoperator eines freien Teilchens in einer Dimension?
- 17) Was sind die Energieeigenzustände eines freien Teilchens (in einer Dimension) ?
- 18) Was versteht man unter einem *Streuansatz*?
- 19) Wie berechnet sich näherungsweise die Tunnelwahrscheinlichkeit durch eine Potenzialbarriere? Warum scheint die Sonne so schön?
- 20) Wie ist der Kommutator  $[A, B]$  zweier Operatoren  $A$  und  $B$  definiert? Warum ist  $[AB, C] = A[B, C] + [A, C]B$ ?
- 21) Was ist  $[x, p]$ ? Was ergibt sich daraus z.B. für  $[x^2, p]$ ,  $[x^3, p]$  und  $[x, p^2]$ ?
- 22) Was ist der Zusammenhang zwischen dem Zustand  $|\psi\rangle$  eines Teilchens und seiner Wellenfunktion  $\tilde{\psi}(p)$  im Impulsraum? Wie kann man  $\tilde{\psi}(p)$  direkt aus  $\psi(x)$  bestimmen?
- 23) Wie lauten die Eigenenergien eines harmonischen Oszillators der Frequenz  $\omega$ ? Wie lautet Plancks Quantenhypothese?
- 24) Wie lautet der Hamiltonoperator eines harmonischen Oszillators der Frequenz  $\omega$  in den Ab- und Aufsteigeroperatoren  $b$  und  $b^\dagger$ ? Was ist  $[b, b^\dagger]$  und wie wirken  $b$  und  $b^\dagger$  auf den  $n$ -ten Energieeigenzustand  $|\varphi_n\rangle$ ?
- 25) Angenommen  $|\psi_1\rangle$  und  $|\psi_2\rangle$  sind orthonormale Zustände und  $|\alpha\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\psi_1\rangle + |\psi_2\rangle)$ ,  $|\beta\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\psi_1\rangle - |\psi_2\rangle)$ . Wie lauten dann  $|\psi_1\rangle$  und  $|\psi_2\rangle$  dargestellt in  $|\alpha\rangle$  und  $|\beta\rangle$ ?
- 26) Was wollten Einstein, Podolsky und Rosen mit ihrem Paradoxon demonstrieren?
- 27) Welche der folgenden Aussagen sind zutreffend?  
Die Bellschen Ungleichungen
  - a) ... folgen aus der Quantenmechanik,
  - b) ... widersprechen der Quantenmechanik,
  - c) ... sind experimentell bestätigt,
  - d) ... sind experimentell widerlegt,
  - e) ... sind experimentell widerlegt und damit als *unwissenschaftliche* Aussagen identifiziert worden.
- 28) Kann man aus der Tatsache, dass noch nie jemand eine Katze in der Superposition von "tot" und "lebendig" beobachtet hat, folgern, dass die Quantenmechanik im makroskopischen nicht mehr gültig ist?
- 29) Was versteht man in der Quantenmechanik unter *Dekohärenz*?