

1. *Unvollständigkeit der klassischen Physik:* _____ [3 × 2 = 6P]

Geben Sie drei experimentelle Befunde bzw. Beobachtungen an, die sich mit Hilfe der klassischen Physik nicht befriedigend erklären lassen. Begründen Sie jeweils kurz, wie durch die Quantenmechanik eine überzeugende Deutung erhalten wird. [je 2P]

2. *Korrespondenzprinzip:* _____ [1+1+1+1 = 4P]

Was versteht man unter dem Korrespondenzprinzip? [1P]

Geben Sie an, durch welche Operatoren die Observablen

E für Energie, [1P]

\vec{p} für den Impuls, und [1P]

\vec{L} für den Drehimpuls [1P]

dargestellt werden, wenn im Ortsraum gearbeitet wird.

3. *Interpretationen der Quantenmechanik:* _____ [3 × 2 = 6P]

Nennen Sie drei verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik. Charakterisieren Sie diese jeweils mit ein paar Sätzen, in dem Sie zum Beispiel besondere Stärken oder Schwächen dieser Interpretationen herausstreichen. [je 2P]

4. *Kontinuitätsgleichung:* _____ [1+1+3 = 5P]

Wie lautet die Kontinuitätsgleichung, auch von-Neumann-Gleichung genannt? [1P]

Was ist ihre physikalische Bedeutung? [1P]

Leiten Sie diese aus der Schrödinger-Gleichung in der Ortsdarstellung,

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{x}, t) = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} (\vec{\nabla})^2 + V(\vec{x}) \right) \Psi(\vec{x}, t),$$

her. [3P]

5. *Unendlich tiefer Kasten:* _____ [1+1+2+2 = 6P]

Ein Teilchen der Masse m bewege sich in einer Raum-Dimension in einem Potentialtopf der Form

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } x \in [-L, L], \\ \infty & \text{sonst.} \end{cases}$$

Wie lautet die zeitunabhängige Schrödingergleichung in der Ortsdarstellung? [1P]

Wie lauten die Randbedingungen für die Wellenfunktion $\Psi(x)$ bei $x = \pm L$? [1P]

Welche Form haben die Lösungen der zeitunabhängigen Schrödingergleichung unter Berücksichtigung der Randbedingungen? [2P]

Bestimmen Sie schließlich noch die Symmetrie-Eigenschaften (Parität) und die Normierung der Wellenfunktionen. [2P]

6. *Wasserstoffatom:* _____ [1+3+3+2 = 9P]

Wie lautet der Hamilton-Operator für das Wasserstoffatom? [1P]

Begründen Sie, dass $[H, L_3] = [H, \vec{L}^2] = 0$ ist, diskutieren Sie die physikalische Bedeutung dieser Tatsache und skizzieren Sie das effektive Potential. [3P]

Geben Sie das Energie-Spektrum $E_{n,\ell,m}$ der Eigenzustände $|n, \ell, m\rangle$ des Wasserstoffatoms an und diskutieren Sie kurz die physikalische Bedeutung der Quantenzahlen n, ℓ und m . [3P]

Wie hoch sind die einzelnen Energie-Niveaus $E_{n,\ell,m}$ entartet (mit Begründung)? [2P]

[Insgesamt 36 Punkte]