1 Allgemein

1.1 stets im Hinterkopf behalten:

1. die Formeln der Quantenmechanik sind häufig nur erraten
2. „vieles spricht dafür, dass der Zufall eine fundamentale Rolle in der Natur spielen könnte und dass das Teilchen vor der Ortsmessung gewissermaßen selbst noch nicht weiß, wo es sich materialisieren soll.“ $\rightarrow$ hier: **Wahrscheinlichkeitsinterpretation**
3. physikalisches System kann nur **diskrete Werte** der Energien (z.B. Drehimpuls) annehmen

1.2 Postulate:

1. messbare Variablen haben einen hermitischen Operator ($\hat{A}$, $\hat{B}$, ...)
2. if $[\hat{A}, \hat{B}] = 0$:
   a) $\hat{A}$ und $\hat{B}$ sind hintereinander messbar
   b) $\hat{A}\left|\psi\right\rangle = \lambda\left|\psi\right\rangle$ und $\hat{B}\left|\psi\right\rangle = \mu\left|\psi\right\rangle$
3. nur die Eigenwerte (λ, μ etc.) sind messbar; sie sind reelle Zahlen

1.3 Unterschiede Quantenmechanik (QM) zur Elektrodynamik (ED):

1. ED: **Felder** (z.B. $\vec{B}$) sind die physikalische Rolle:
   a) deren Werte bestimmen an jedem Ort, welche Kraft auf die Ladung q wirkt
2. QM: **Potentiale** sind die physikalische Rolle
   a) z.B. das Vektorpotential A von $\vec{B}$ beeinflusst die Phase einer Quantenwelle

2 statistische Quantenwelle ψ

2.1 zum Verständnis:

1. ψ ist unser Zustand/Eigenfunktion des Teichens
2. die Wahrscheinlickeitsaussagen sind die Lösung der Schrödinger-Gleichung (2.3)
3. ein e^- hat in einem Atom keine Flugbahn. ψ der e^- sagt nur wie wahrscheinlich es ist, irgendwo ein e^- anzutreffen, wenn man es experimentell misst
4. durch Messung *kollabiert* ψ zu einem Peak am gemessenen Wert
5. **?** es gibt diskrete Energien aber kontinuierliche Orte

2.2 Bedingungen aus der Statistik:

1. Mittelwert $\langle f(x) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\rho(x)\,dx$
2. da $\int_{-\infty}^{\infty} \rho(x)\,dx = 1$ muss ψ normiert sein, damit das Teilchen nicht zu einer Wahrscheinlichkeit ungleich 100 % im ganzen Raum vorfindbar ist

2.3 Schrödinger-Gleichung:

1. die Schrödinger-Gleichung hängt nur von zwei Funktionen ab: ψ und Potential V
2. (allg.) zeitabhängige: $i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2} + V \cdot \psi\,(x,t)$
   a) Separationsansatz: $\psi(x,t) = \varphi(x) \cdot f(t)$
3. zeitunabhängige: $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi(x)}{\partial x^2} + V(x) \cdot \psi\,(x) = E\psi\,(x)$
   a) auch geschrieben als $\hat{H}\psi = E\psi$
4. es gibt Modellsysteme für die Form des Potential:
   a) harmonischer Oszillator:
      i. Leiteroperatoren $\hat{a}_{\pm}$ sind Lösungsansätze der Schrödinger-Gleichung und verringern/erhöhen die Energien in diskrete Schritte:
         A. die Lösungen davon sind die Hermite-Funktionen

3 ψ in der Praxis

Photonen:

1. Wellenpackete $\rightarrow$ Überlagerung von ebenen Wellen

die 2 Drehimpulse L (**Einheit**: [$\hbar$]):

1. Bahndrehimpuls
2. Spin s: eine Art ewige Eigendrehung der Teilchen
    a) aus dem Spin-Statistik-Theorem:
        i. Fermionen (z.B. e^-, Proton, Neutron): s=0.5 $\rightarrow$ ψ ist antisymmetrisch
            A. Fermionen sind „Einzelgänger“ d.h. sie können nicht am selben Ort sein
        ii. Bosonen (z.B. Photonen): s=1 $\rightarrow$ ψ ist symmetrisch
            A. Bosonen sind „Herdentiere“ (lieben Gleichschritt) d.h. z.B. können sich unzählige Photonen zusammentun und gemeinsam eine schwingende elektromagnetische Welle ausbilden
    b) $s = 0.5$:
        i. $s = 0.5 \rightarrow m_s = -0.5$ und $m_s = +0.5$