

Aufgabenblatt 1

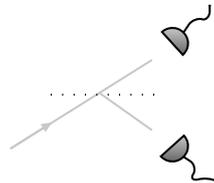
1 Klassische Physik vs. Quantentheorie

- a) Welche physikalischen Größen definieren den Zustand eines Systems (z.B. Pendel, Planetensystem, Moleküle in einem Gas, etc.) in der klassischen Mechanik? Wie heißt der mathematische Raum, den diese Größen aufspannen?
- b) Gesetzt der Fall wir kennen den Zustand eines Systems in der klassischen Mechanik zu einem bestimmten Zeitpunkt. Ist es möglich den Zustand des Systems zu jedem beliebigen vorherigen oder späteren Zeitpunkt zu berechnen? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.
- c) Das Doppelspaltexperiment kann mit *einzelnen* Photonen, Elektronen, Neutronen, Atomen, oder Molekülen durchgeführt werden. Diese werden einzeln auf dem Beobachtungsschirm hinter dem Doppelspalt gemessen und ergeben in der Gesamtheit doch ein Interferenzmuster. Kann der Ort auf dem Schirm für jedes einzelne Teilchen vorausbestimmt werden? Nehmen sie Bezug auf die Begriffe *deterministische* und *probabilistische* Theorie.
- d) Das Rutherfordsche Atommodell erfreut sich auch heute noch bei der Visualisierung eines Atoms großer Beliebtheit. Woran ist dieses Modell jedoch aus wissenschaftlicher Sicht gescheitert?
- e) Warum kann der Photoeffekt¹ nicht mit der klassischen Elektrodynamik erklärt werden? Nennen Sie mindestens ein Problem.

1 Kreuz

2 Einzelne Photonen

Ein Beamsplitter (gepunktete Linie) teilt Licht (hellgraue Linie) zu jeweils 50% in einen transmittierten und einen reflektierten Anteil. Hinter dem Beamsplitter befinden sich zwei Photonen-Detektoren, welche einzelne Photonen über den Photoelektroschen Effekt detektieren können. Der Detektor kann nur in einem engen Frequenzbereich detektieren. Die Frequenz des verwendeten Lichts liegt genau in diesem Frequenzbereich.



¹Genauer gesagt, der äußere Photoeffekt, bei dem ein Elektron durch Bestrahlung aus einem Halbleiter oder Metall geschlagen wird.

- a) Wir schicken einen Laserstrahl durch den Beamsplitter. Schlagen beide Detektoren an oder nur einer?
- b) Wir schicken ein einzelnes Photon durch den Beamsplitter. Schlagen beide Detektoren an oder nur einer? Nehmen Sie in Ihrer Begründung Bezug auf die Funktionsweise der Detektoren.

1 Kreuz

3 Heisenbergsche Unschärferelation

Wir werden später Unschärferelationen für beliebige Messgrößen direkt aus dem mathematischen Formalismus der Quantenmechanik ableiten können. Ohne diesen mathematischen Apparat formulierte Heisenberg jedoch bereits 1927 eine Unschärferelation. Erklären sie das Wesentliche dieser Unschärferelation anhand weniger Stichpunkte.

1 Kreuz

4 Der Vektorraum quadratintegrabler Funktionen L^2

Wir betrachten den Vektorraum der quadratintegrablen Funktionen,

$$L^2 = \left\{ f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{C}, \int_{\mathbb{R}^3} d^3r |f(\mathbf{r})|^2 < \infty \right\}. \quad (1)$$

In der Quantenmechanik spielt der L^2 eine wichtige Rolle. Alle räumlichen Wellenfunktionen, die wir in der Vorlesung betrachten werden, leben in diesem Raum.

- a) Zeigen sie, dass L^2 mit der Addition $f + g$ und Skalarmultiplikation λf die Axiome eines Vektorraums erfüllt, $f, g \in L^2$, $\lambda \in \mathbb{R}$.
- b) Welche der folgenden Funktionen liegt in L^2 ?

$$f_1(\mathbf{r}) = \frac{1}{c|\mathbf{r}|}, \quad f_2(\mathbf{r}) = e^{-a|\mathbf{r}|^2}, \quad f_3(\mathbf{r}) = R(|\mathbf{r}|) \sin(\theta) e^{i\varphi} \quad (2)$$

Falls eine der Funktion in L^2 liegt, welche Bedingung muss für $a, c \in \mathbb{R}$ und die Funktion $R : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$ gelten?

(a)+(b) = 2 Kreuze