

Übungen zur Atom- und Quantenphysik (SS 2013)

Prof. Dr. G. Münster, Prof. Dr. H. Zacharias

Übungsblatt 1

Abgabe: 25.04.2013, Besprechung: 30.04.2013

Aufgabe 6: de Broglie-Wellenlänge (3 Punkte)

- Ein freies Elektron habe eine Energie $E=150$ eV. Wie groß ist seine de Broglie-Wellenlänge? Um wieviel kleiner ist die Wellenlänge eines Elektrons, welches im LEP bei CERN beschleunigt wurde? *Hinweis:* Informationen über LEP finden Sie zum Beispiel in Wikipedia.
- Welche de Broglie-Wellenlänge hat Ihr Professor ($m = 73$ kg), wenn er auf seinem Fahrrad mit einer Geschwindigkeit von 12 km/h angefahren kommt? Wie schnell müsste er gehen, wenn beim Eintreten in den Hörsaal sein 1. Beugungsmaximum am seitlichen Ende der Tafel (Winkel: 20°) liegen soll? (Skizze!) Nehmen Sie den Professor als punktförmiges Objekt an. Die Tür habe eine Breite von 1 m und das Fahrrad eine Masse von 15 kg.

Aufgabe 7: Eigenschaften eines Gauß'schen Wellenpaketes (7 Punkte)

Ein Wellenpaket werde zur Zeit $t = 0$ durch $\psi(x, 0) = A \exp\left(-\frac{x^2}{2a^2} + ik_0x\right)$ beschrieben.

- Stellen Sie $\psi(x, 0)$ als Überlagerung ebener Wellen dar.
- Welcher Zusammenhang besteht größenordnungsmäßig zwischen den Breiten der beiden Wellenpakete im Ortsraum bzw. im k -Raum?
- Berechnen Sie mit Hilfe der Dispersionsbeziehung für de Broglie-Wellen die Funktion $\psi(x, t)$.

Aufgabe 8: Dreieckiges Wellenpaket (5 Punkte)

Zur Zeit $t = 0$ werde ein Teilchen durch die Wellenfunktion

$$\psi(x, 0) = \begin{cases} \frac{Ax}{a}, & \text{für } 0 \leq x \leq a \\ \frac{A(b-x)}{(b-a)}, & \text{für } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

dargestellt, wobei A , a und b Konstanten sind.

- Normieren Sie $\psi(x, 0)$, d.h. finden Sie A als Funktion von a und b .
- Skizzieren Sie $\psi(x, 0)$ als Funktion von x .
- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, das Teilchen links von a zu finden?
- Berechnen Sie den Erwartungswert von x .

Aufgabe 9: Wahrscheinlichkeitsstromdichte einer Kugelwelle (4 Punkte)

Gegeben sei die Kugelwelle $\psi = \frac{a}{r} e^{\pm i\vec{k}\vec{r}}$.

- Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeitsstromdichte \vec{j} für die Wellenfunktion.
- Bestimmen Sie für $\vec{k} = k \frac{\vec{r}}{r}$ die Anzahl der Teilchen, die in 1 s durch eine um den Ursprung zentrierte Kugel mit Radius r strömen. Welche physikalischen Vorgänge beschreibt hier ψ ?

Aufgabe 10: Kupferatom (2 Punkte)

Berechnen Sie die Größe eines Cu Atoms. Das spezifische Gewicht von Kupfer beträgt $8,93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.