Physik III - Übungsblatt 8
SS2006, Universität Heidelberg

Ausgabe am 14.6.2006
Besprechung am 22.6.2006

8.1 Unschärfe in einem Doppelspalt

Beugungsexperimente mit Elektronen an einem Doppelspalt wurden bereits vor längerer Zeit realisiert. Weil man Elektronen als unteilbar ansehen muß, versuchen wir in einem Gedankenexperiment die Flugrichtung von Elektronen in der Umgebung eines Beugungsmaximums so genau zu messen, daß wir feststellen können, durch welchen der Spalte diese geflogen sind. Hierzu stellen wir hinter dem Doppelspalt eine Schlitzblende auf, deren Breite kleiner als der Abstand zweier Beugungsmaxima ist. In großem Abstand hinter dem Schlitz stellen wir 2 Detektoren der gleichen Breite, die so angeordnet sind, daß jeder durch die Blende hindurch nur einen Spalt des Doppelspalts im Blickfeld hat. Die Elektronen werden mit einer Spannung von 30 kV beschleunigt, der Spaltabstand im Doppelspalt beträgt 5 μm und der Abstand des Doppelspalts von der Beobachtungsblende ist L = 1 m.

Skizzieren Sie die Versuchsanordnung.

a) Wie breit darf die Beobachtungsblende höchstens sein ?

b) Wie groß ist die Differenz der Flugwinkel, die wir feststellen wollen ?

c) Leider entsteht durch Beugung an der Beobachtungsblende ein neues Beugungsbild. Geben Sie den Winkelabstand zwischen Hauptmaximum und den ersten Nebenmaxima an und zeigen Sie, daß die Richtungsmessung, die wir eigentlich vor hatten, prinzipiell nicht funktioniert.

8.2 Fouriertransformierte des Kastens

Berechnen Sie die Fouriertransformierte für die eindimensionale kastenförmige Funktion $f(x) = 1$ für $|x| \leq a/2$ und $f(x) = 0$ für $|x| > a/2$. Welchen Wert nimmt die Fouriertransformierte bei $k = 0$ an ? Skizzieren Sie den Verlauf des Betragsquadrates der Fouriertransformierten in Abhängigkeit von k.

Berechnen Sie das Produkt $\Delta x \cdot \Delta k$, wobei Sie für $\Delta x = a/2$ (halbe Kastenbreite) und für Δk den Wert von k bei der ersten Nullstelle der Fouriertransformierten einsetzen.

Erklären Sie (in Worten) warum das Betragsquadrat der Fouriertransformierten die Intensitätsverteilung bei der Beugung am Spalt beschreibt.

8.3 Unschärferelation - Wasserstoffatom

Schätzen Sie mithilfe der Unschärferelation in der Form $\langle r\rangle \cdot \langle p\rangle \geq \hbar/2$ die Ausdehnung eines Wasserstoffatoms ab, d.h. bestimmen Sie den mittleren Abstand $\langle r\rangle$ des Elektrons vom Kern. *Hinweis: nichtrelativistische Rechnung.*

8.4 Unschärferelation – kreisförmige Bewegung

Ausgehend von der Unschärferelation $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ zeigen Sie für ein kreisförmig bewegtes Teilchen die Gültigkeit von $\Delta L \cdot \Delta\theta \geq \hbar/2$. Dabei sind ΔL die Unschärfe im Betrag des Drehimpulses und $\Delta\theta$ die Unschärfe in der Winkelkoordinate des Teilchens.