

Aufgaben zur Quantenmechanik

©Markus Baur

November 21, 2010

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

In Gedanken verwenden wir beim Doppelspaltexperiment mit Elektronen Auftreffdetektoren, damit wir feststellen können durch welchen Spalt das Elektron zum Schirm gelangt ist. Diese Detektoren dürfen dann höchstens eine Ortsunschärfe von $\frac{d}{2}$ besitzen. d ist dabei der Abstand zwischen den beiden Spalten.

- Zeige unter zur Hilfenahme der Unschärferelation, dass man unter diesen Bedingungen kein Interferenzmuster beobachten wird. (Hinweis: Berechne zunächst den Winkel zwischen einem benachbarten Maxima und einem Minima des Interferenzmusters.

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Aus dem Gangunterschied zwischen Maxima und Minima erster Ordnung wird der Sinus des Winkels zwischen dem Maximum und Minimum bestimmt.

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Aus dem Gangunterschied zwischen Maxima und Minima erster Ordnung wird der Sinus des Winkels zwischen dem Maximum und Minimum bestimmt.
- Mit der Unschärferelation wird die Impulsunschärfe bestimmt, da die Ortsunschärfe bekannt ist.

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Aus dem Gangunterschied zwischen Maxima und Minima erster Ordnung wird der Sinus des Winkels zwischen dem Maximum und Minimum bestimmt.
- Mit der Unschärferelation wird die Impulsunschärfe bestimmt, da die Ortsunschärfe bekannt ist.
- Über die Impulsunschärfe wird der Öffnungswinkel und die Breite des Maximums erster Ordnung bestimmt.

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Aus dem Gangunterschied zwischen Maxima und Minima erster Ordnung wird der Sinus des Winkels zwischen dem Maximum und Minimum bestimmt.
- Mit der Unschärferelation wird die Impulsunschärfe bestimmt, da die Ortsunschärfe bekannt ist.
- Über die Impulsunschärfe wird der Öffnungswinkel und die Breite des Maximums erster Ordnung bestimmt.
- Über den Winkel zwischen Maximum und Minimum erster Ordnung wird der Abstand zwischen Maximum und Minimum bestimmt.

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

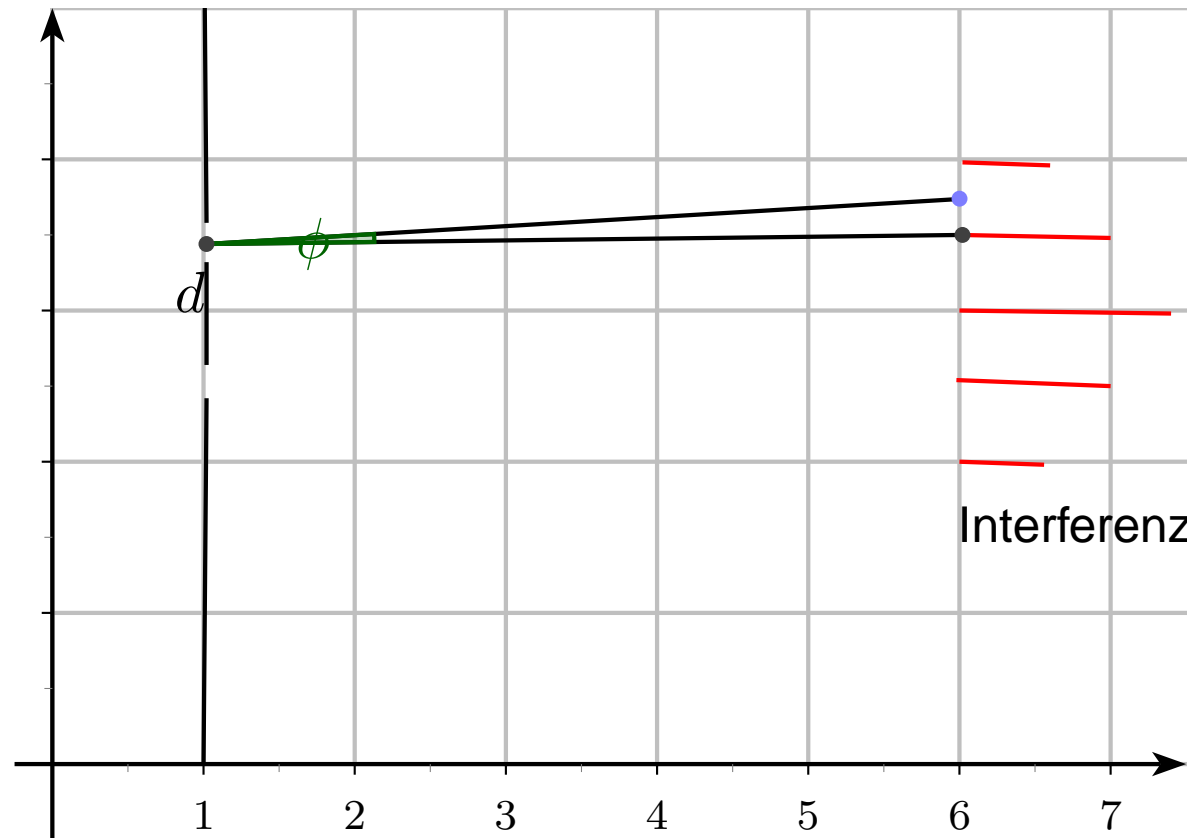
Breite 1. Maximums

Abschluss

- Aus dem Gangunterschied zwischen Maxima und Minima erster Ordnung wird der Sinus des Winkels zwischen dem Maximum und Minimum bestimmt.
- Mit der Unschärferelation wird die Impulsunschärfe bestimmt, da die Ortsunschärfe bekannt ist.
- Über die Impulsunschärfe wird der Öffnungswinkel und die Breite des Maximums erster Ordnung bestimmt.
- Über den Winkel zwischen Maximum und Minimum erster Ordnung wird der Abstand zwischen Maximum und Minimum bestimmt.
- Beide Ergebnisse werden verglichen und interpretiert.

Skizze des Gedankenversuchs

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss



- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung**
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Gangunterschied zwischen dem Maxima und dem Minima erster Ordnung:

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Gangunterschied zwischen dem Maxima und dem Minima erster Ordnung:

- $\Delta s = \lambda - \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\lambda$

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Gangunterschied zwischen dem Maxima und dem Minima erster Ordnung:
 - $\Delta s = \lambda - \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\lambda$
- Mit der Definition des Sinus um rechtwinkligen Dreieck folgt:

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Gangunterschied zwischen dem Maxima und dem Minima erster Ordnung:
 - $\Delta s = \lambda - \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\lambda$
 - Mit der Definition des Sinus um rechtwinkligen Dreieck folgt:
 - $\sin \varphi = \frac{\frac{1}{2}\lambda}{d} = \frac{\lambda}{2d}$

Anwendung der Unschärferelation

Aufgabe 1
Lösungsplan
Skizze des
Gedankenversuchs
Winkelberechnung
Anwendung der
Unschärferelation
Breite 1. Maximums
Abschluss

■ Nach Heisenberg gilt:

Anwendung der Unschärferelation

Aufgabe 1
Lösungsplan
Skizze des
Gedankenversuchs
Winkelberechnung
Anwendung der
Unschärferelation
Breite 1.Maximums
Abschluss

■ Nach Heisenberg gilt:

■ $\Delta x \cdot \Delta p_x > h$

Anwendung der Unschärferelation

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Nach Heisenberg gilt:
- $\Delta x \cdot \Delta p_x > h$
- Da die Ortsunschärfe bereits bekannt ist, kann man die Impulsunschärfe berechnen:

Anwendung der Unschärferelation

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Nach Heisenberg gilt:
- $\Delta x \cdot \Delta p_x > h$
- Da die Ortsunschärfe bereits bekannt ist, kann man die Impulsunschärfe berechnen:
- $\frac{d}{2} \cdot \Delta p_x > h \Rightarrow \Delta p_x > \frac{h}{\frac{d}{2}}$

Anwendung der Unschärferelation

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

■ Nach Heisenberg gilt:

■ $\Delta x \cdot \Delta p_x > h$

■ Da die Ortsunschärfe bereits bekannt ist, kann man die Impulsunschärfe berechnen:

■ $\frac{d}{2} \cdot \Delta p_x > h \Rightarrow \Delta p_x > \frac{h}{\frac{d}{2}}$

■ $\Delta p_x > \frac{2h}{d}$

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums**
- Abschluss

- Hinsichtlich der Impulsunschärfe gilt für den Öffnungswinkel des ersten Maximums des Interferenzmuster:

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Hinsichtlich der Impulsunschärfe gilt für den Öffnungswinkel des ersten Maximums des Interferenzmuster:

- $\sin \alpha = \frac{\Delta p_x}{p} > \frac{2h}{\frac{d}{h}} \frac{h}{\lambda}$

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Hinsichtlich der Impulsunschärfe gilt für den Öffnungswinkel des ersten Maximums des Interferenzmuster:

- $\sin \alpha = \frac{\Delta p_x}{p} > \frac{\frac{2h}{d}}{\frac{h}{\lambda}}$

- $\sin \alpha = \frac{2\lambda}{d}$

Aufgabe 1

Lösungsplan

Skizze des
Gedankenversuchs

Winkelberechnung

Anwendung der
Unschärferelation

Breite 1. Maximums

Abschluss

- Hinsichtlich der Impulsunschärfe gilt für den Öffnungswinkel des ersten Maximums des Interferenzmuster:

- $\sin \alpha = \frac{\Delta p_x}{p} > \frac{\frac{2h}{d}}{\frac{h}{\lambda}}$

- $\sin \alpha = \frac{2\lambda}{d}$

- Ist nun a der Abstand des Schirms vom Doppelspalt, dann gilt:

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Hinsichtlich der Impulsunschärfe gilt für den Öffnungswinkel des ersten Maximums des Interferenzmuster:

- $\sin \alpha = \frac{\Delta p_x}{p} > \frac{\frac{2h}{d}}{\frac{h}{\lambda}}$

- $\sin \alpha = \frac{2\lambda}{d}$

- Ist nun a der Abstand des Schirms vom Doppelspalt, dann gilt:

- Breite Maximum erster Ordnung: $b = a \tan \alpha > a \frac{2\lambda}{d}$

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Für die Breite des Abstands zwischen einem benachbarten Minimum und einem Maximum gilt:

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Für die Breite des Abstands zwischen einem benachbarten Minimum und einem Maximum gilt:
- $b_1 = a \tan \varphi = a \sin \varphi = a \frac{\lambda}{2d}$

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Für die Breite des Abstands zwischen einem benachbarten Minimum und einem Maximum gilt:
- $b_1 = a \tan \varphi = a \sin \varphi = a \frac{\lambda}{2d}$
- $b > a \frac{2\lambda}{d}$ (Breite des Maximums)

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Für die Breite des Abstands zwischen einem benachbarten Minimum und einem Maximum gilt:
- $b_1 = a \tan \varphi = a \sin \varphi = a \frac{\lambda}{2d}$
- $b > a \frac{2\lambda}{d}$ (Breite des Maximums)
- Das Maximum ist viermal so breit wie der Abstand zwischen einem benachbarten Interferenzmaximums und eines Interferenzminimums.

- Aufgabe 1
- Lösungsplan
- Skizze des Gedankenversuchs
- Winkelberechnung
- Anwendung der Unschärferelation
- Breite 1. Maximums
- Abschluss

- Für die Breite des Abstands zwischen einem benachbarten Minimum und einem Maximum gilt:
- $b_1 = a \tan \varphi = a \sin \varphi = a \frac{\lambda}{2d}$
- $b > a \frac{2\lambda}{d}$ (Breite des Maximums)
- Das Maximum ist viermal so breit wie der Abstand zwischen einem benachbarten Interferenzmaximums und eines Interferenzminimums.
- Konsequenz: Das Interferenzmuster wird zerstört.