

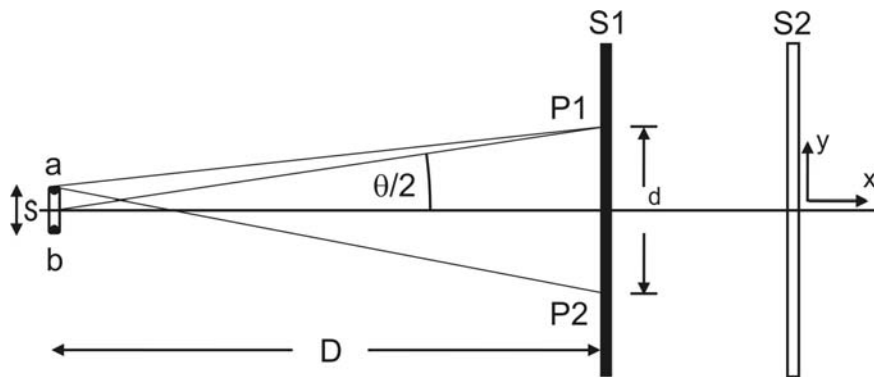
Physik III - Übungsblatt 7

SS2006, Universität Heidelberg

Ausgabe am 8.6.2006
Besprechung am 16.6.2006

7.1 Räumliche Kohärenz

Wir untersuchen die räumliche Kohärenz einer quasi-monochromatischen Lichtquelle mit der Ausdehnung S (siehe Bild). Im Abstand D von der Quelle ist ein undurchlässiger Schirm S_1 mit zwei kleinen Spalten P_1 und P_2 symmetrisch zur optischen Achse aufgestellt. Der Abstand d der beiden Spalte und damit der Winkel θ , unter dem die Spalte von der Quelle aus erscheinen, werden so lange verkleinert, bis hinter dem Schirm in einer Umgebung der Achse die Young'schen Interferenzmuster auf dem Schirm S_2 voll sichtbar sind. Es gelte $D \gg S$.



- Schreiben Sie die wellenoptische Bedingung zwischen S , θ und λ dafür auf, dass sich die Kohärenz über die gesamte Ausdehnung der Quelle erstreckt.
- Wie weit dürfen die Spalte maximal getrennt sein, um Interferenzmuster im Sonnenlicht beobachten zu können? Nehmen Sie $\lambda = 500 \text{ nm}$ an. Der scheinbare Sonnendurchmesser beträgt 32 Bogenminuten.

7.2 Stehende Welle

Die niedrigste stehende Welle in einem (eindimensionalen) Kasten der Länge L hat die Wellenfunktion $\psi \sim \sin(\pi/L (x + L/2))$, $-L/2 \leq x \leq L/2$.

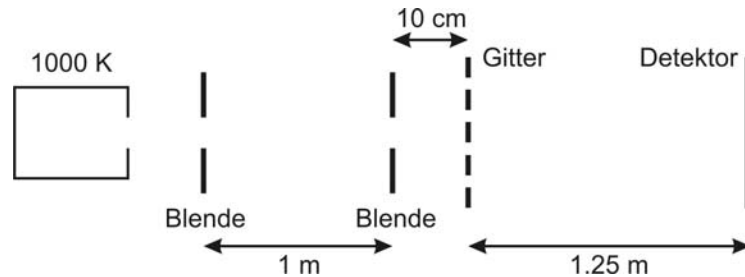
- Welche Impulse enthält diese Welle?
- Geben Sie den Mittelwert $\langle p \rangle$ des Impulses und dessen Schwankung $\Delta p = (\langle p^2 \rangle - \langle p \rangle^2)^{1/2}$.
- Bestimmen Sie den Mittelwert $\langle x \rangle$ von x und die Schwankung Δx .
- Berechnen Sie das Produkt $\Delta x \cdot \Delta p$.

7.3 Materiewellen - Elektronen

Berechnen Sie für relativistische Elektronen die Wellenlänge λ in Abhängigkeit von deren Beschleunigungsspannung U . Zeigen Sie, dass diese Formel für $eU \ll m_e c^2$ in die bekannte Formel des nichtrelativistischen Falls übergeht. Berechnen Sie λ für Elektronen, die in einem Elektronenmikroskop 40 kV Potenzialdifferenz durchlaufen.

7.4 C_{60} Moleküle

C_{60} ist eine stabile Struktur bei der 60 C-Atome in einem fußballartigen Muster über die Oberfläche einer Kugel mit ca. 7 Å Durchmesser verteilt sind. Folgende schematische Versuchsanordnung wurde zum Nachweis der Welleneigenschaften benutzt (Nature, Band 401, Okt. 99):



Die aus dem $T = 1000^\circ K$ heißen Ofen austretenden C_{60} Moleküle werden durch zwei Blenden mit Spaltbreite $s = 10 \mu\text{m}$ kollimiert, treffen dann auf ein Beugungsgitter mit der Periode $a = 100 \text{ nm}$ und werden schließlich im Detektor nachgewiesen.

- Berechne die der Ofentemperatur entsprechende wahrscheinlichste Wellenlänge der C_{60} Moleküle und die dazugehörige Geschwindigkeit ($m(^{12}\text{C}) = 11.2 \text{ GeV}/c^2$).
- Schätze den Beitrag zur Breite der im Detektor beobachteten Verteilung ab, der von der endlichen Blendenöffnung herrührt (Hinweis: rein geometrischer Effekt).
- Schätze die Position des ersten Beugungsmaximums in der Detektorebene ab und vergleiche mit dem Resultat von b).
- Berechne die Fallhöhe der Moleküle auf ihrem Weg durch die Apparatur infolge der Schwerkraft.