

Thema 3: Makro- und Mikroobjekte

1 Experimente mit klassischen Makroobjekten

Bild 1 zeigt das Schema einer Experimentieranordnung, in der Schrotkörnchen durch einen Einfach- bzw. Doppelspalt gelangen und dabei entweder eine geringfügige Ablenkung erfahren oder sich geradlinig hindurch bewegen. Die Körnchen werden hinter dem Spalt in kleinen Kammern eingefangen. Durch Auszählen lässt sich die örtliche Verteilung der klassischen Teilchen auf einfache Weise ermitteln.

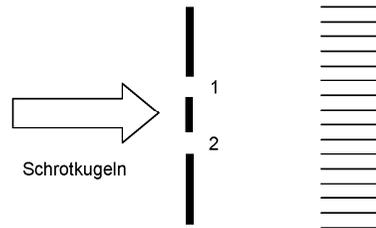


Bild 1

Skizzieren Sie je eine Ankunftsverteilungskurve als Ergebnis von drei verschiedenen Experimenten:

- (a) Nur Spalt 1 ist geöffnet.
- (b) Nur Spalt 2 ist geöffnet.
- (c) Beide Spalte sind gleichzeitig geöffnet.

Beschreiben und erklären Sie das jeweilige Beobachtungsergebnis mithilfe der klassischen Teilchenvorstellung.

2 Experimente mit Elektronen

Im Jahr 1924 stellte Louis de Broglie die Hypothese auf, dass sich frei bewegende Teilchen mit einer Materiewelle verknüpft sind.

Die Wellenlänge beträgt $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$.

- 2.1 Leiten Sie unter Nutzung der obigen Gleichung eine Beziehung für die De-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_B her. Berechnen Sie die Wellenlänge, die einem Elektronenstrahl der Energie $E_{kin} = 20 \text{ eV}$ zugeordnet werden kann. Relativistische Effekte werden hierbei ausgeschlossen.
(Ergebnis zur Kontrolle: $\lambda = 0,275 \text{ nm}$)

Dieser Elektronenstrahl trifft im Vakuum senkrecht auf eine Fotoplatte. Ein Einfachspalt der Breite $\Delta x = 10^{-4} \text{ m}$ wird im Abstand $y = 0,20 \text{ m}$ von der Fotoplatte senkrecht in den Strahlengang gebracht (Bild 2).

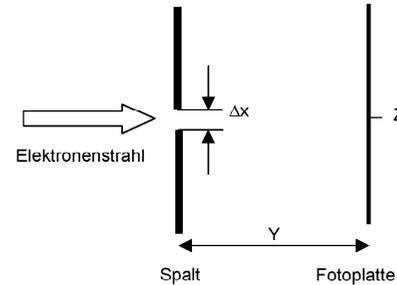


Bild 2

Welche Entfernung $d_{1,min}$ vom Zentrum Z hat die erste Stelle seitlich von Z, an der ein Intensitätsminimum registrierbar ist?

- 2.2 Das vom Licht bekannte Doppelspaltexperiment lässt sich mit Elektronen im Vakuum nur mit hohem experimentellen Aufwand realisieren. C. Jönsson hat dieses Experiment im Jahr 1961 mit einer Beschleunigungsspannung von 50 kV durchgeführt.

Zeigen Sie, dass die nichtrelativistische Berechnung der De-Broglie-Wellenlänge der Elektronen den Wert $\lambda = 5,49 \text{ pm}$ ergibt. Experimentell ergab sich jedoch der Wert von $\lambda = 5,36 \text{ pm}$. Bestätigen Sie diesen experimentell ermittelten Wert mithilfe einer relativistischen Berechnung der Geschwindigkeit und der Masse der Elektronen.

- 2.3 Vergleichen Sie die De-Broglie-Wellenlänge von Schrotkugeln mit der De-Broglie-Wellenlänge der Elektronen aus Aufgabe 2.2. Eine Schrotkugel besitzt die Masse $m = 1 \text{ g}$ und bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von $600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Begründen Sie, warum bei Makroobjekten keine Interferenz nachweisbar ist.
- 2.4 Mithilfe von Elektronenmikroskopen kann man heute Strukturen zwischen $1 \text{ }\mu\text{m}$ und $0,2 \text{ nm}$ auflösen. Zum Beispiel werden direkte Abbilder von Zellstrukturen, Makromolekülen und sogar des atomaren Aufbaus von Kristallen möglich.

Diskutieren Sie den Zusammenhang zwischen dem Auflösungsvermögen eines Elektronenmikroskops und der De-Broglie-Beziehung. Nennen Sie die prinzipiellen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen der Elektronenmikroskopie und der Lichtmikroskopie.