

Blatt 3(Ausgabe am 2.11., Besprechung am 6.-8.11.)

Aufgabe 12: Elektronenbeugung

- Bestimmen Sie die Wellenlänge eines Elektrons, das durch eine Potentialdifferenz von 100 V beschleunigt wurde.
- Die Wellennatur von Elektronen zeigt sich in Experimenten, bei denen ein Elektronenstrahl mit Atomen einer Festkörperoberfläche wechselwirkt. Wenn man die Winkelverteilung der gebeugten Elektronen untersucht, kann man indirekt die geometrische Anordnung der Atome bestimmen. Angenommen die Elektronen treffen senkrecht auf die Festkörperoberfläche auf, und die Energie der Elektronen ist so niedrig, $E_{\text{kin}} = 100 \text{ eV}$, dass sie nur mit den Oberflächenatomen wechselwirken. Wie groß ist der Abstand zwischen den Oberflächenatomen, wenn der kleinste Winkel, bei dem ein Beugungsmaximum festgestellt wird, 24° ist?

Aufgabe 13: Unschärfe

- Ein Elektron bewegt sich auf einer Geraden mit einer konstanten Geschwindigkeit $v = 1,10 \cdot 10^6 \text{ m/s}$, die mit einer Genauigkeit von 0,10 % gemessen wurde. Wie hoch ist die maximale Genauigkeit, mit der man gleichzeitig eine Ortsmessung vornehmen kann?
- Die Grundzustandsenergie des Wasserstoffatoms ist exakt bekannt, die Energiewerte der angeregten Zustände dagegen aber besitzen eine gewisse Unschärfe (eine „Energiebreite“). Ist dies mit der Unschärferelation in Energieform konsistent? Erläutern Sie Ihre Antwort.
- Ein Elektron in einem angeregten Zustand des Wasserstoffatoms ($n = 2$) verbleibt dort im Mittel 10^{-8} s bevor es zum Zustand mit $n = 1$ übergeht. Schätzen Sie die Energieunschärfe des Zustands mit $n = 2$ ab. Welcher Bruchteil der Übergangsenergie ist das? Wie groß sind die Wellenlänge und die Breite (in nm) dieser Linie im Wasserstoffspektrum?

Aufgabe 14: Größe und Energie eines WasserstoffatomsDie Energie E eines Elektrons mit Impuls p im Coulombfeld eines Protons ist

$$E = \frac{p^2}{2m} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r},$$

wobei r der Abstand Elektron – Proton ist.

Schätzen Sie die Größe r_0 und die Energie E_0 des Wasserstoffatoms im Grundzustand unter Verwendung der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation für Ort und Impuls ab, indem Sie annehmen, dass die Unsicherheit Δr der radialen Koordinate gegeben ist durch $\Delta r \approx r$ und für den Impuls gilt $\Delta p \approx p$. Vergleichen Sie den so bestimmten Radius r_0 mit dem Bohr'schen Radius des Wasserstoffatoms.