

Lösungen zu Aufgaben zur Wiederholung der Quantenmechanik

Aufgabe 1

- a) Im Analogon zu den Photonen ordnet der Physiker de Broglie den Teilchen eine Welle zu, die er als Materiewelle bezeichnet.
- b) Die Elektronen zeigen beim Durchgang durch die Folie ein Interferenzverhalten. Interferenz ist aber eine Eigenschaft von Wellen, damit zeigt dieser Versuch die Welleneigenschaften eines Elektrons und damit besitzt das Elektron unter bestimmten Versuchsbedingungen Wellen- und unter anderen Versuchsbedingungen Teilchencharakter.
- c) Berechnung des Interferenzmusters

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,25 \cdot 10^3 \text{V} \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{C}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}}} = 2,10 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg} \cdot 2,10 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3,47 \cdot 10^{-11} \text{m}$$

$$\frac{R}{L} = \frac{\lambda}{d} \Rightarrow R = \left(\frac{3,47 \cdot 10^{-11} \text{m}}{2,00 \cdot 10^{-6} \text{m}} \right) \cdot 30,0 \cdot 10^{-2} \text{m} = 5,21 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

- d) Unschärferelation nach Heisenberg:

$$\Delta p = \frac{h}{4\pi d} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js}}{4\pi \cdot 2,00 \cdot 10^{-6} \text{m}} = 2,63 \cdot 10^{-29}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js}}{3,47 \cdot 10^{-11} \text{m}} = 1,91 \cdot 10^{-23}$$

$$\varphi = \sin^{-1} \left(\frac{2,63 \cdot 10^{-29}}{1,91 \cdot 10^{-23}} \right) = 7,88 \cdot 10^{-5}^\circ$$

$$\Delta y = 0,30 \text{m} \cdot \tan 7,88 \cdot 10^{-5}^\circ = 4,13 \cdot 10^{-7} \text{m}$$

Kein Einfluss auf das Interferenzmuster, da die Unschärfe am Schirm nur ein Zehntel des Abstands zwischen den Maximas beträgt.

- e) Die obige Rechnung zeigt die Konsistenz zwischen der Heisenbergschen Unschärferelation und dem beobachteten Interferenzmuster.

Aufgabe 2

Siehe Schulheft

Aufgabe 3

- a) Lösung über die Einsteingleichung:

$$eU = hf - W_a$$

$$E_{kin} = hf - W_a = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js} \cdot \frac{3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{300 \cdot 10^{-9} \text{m}} - 2,05 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

- b) Berechnung der Photonendichte:

$$n = \frac{3,00 \cdot 10^{-3} \text{W} \cdot 1,00 \text{s}}{E_{kin}}$$

$$\rho = \frac{n}{A} = \frac{n}{\left(\frac{1,00 \cdot 10^{-3} \text{m}}{2} \right)^2 \pi}$$

Aufgabe 4

Änderung der Aussage: Bei der Durchführung eines Experimentes ist bei identischen Versuchsbedingungen mit der Wahrscheinlichkeit, die aus der Heisenbergschen Unschärferelation resultiert, mit dem identischen Ergebnis zu rechnen.

Aufgabe 5 – Berechnung der notwendigen Photonenzahl

Modellierungsansatz: Man geht von einer punktförmigen Lichtquelle aus:

Leistung 60 W – Wellenlänge 600 nm

$$\frac{P \cdot t}{4r^2\pi} = \frac{h \frac{c}{\lambda}}{R^2\pi}$$

$$r = \sqrt{\frac{Pt \cdot R^2\pi}{4\pi \cdot \frac{hc}{\lambda}}}$$

$$N \cdot hf = \frac{Pt}{4r^2\pi}$$

Ist dann aufzulösen nach N