

### Aufgabenzettel – Experimente am Doppelspalt mit Quantenobjekten

Das Doppelspaltexperiment wird in der Quantenphysik als fundamentales Experiment angesehen, um die charakteristischen Eigenschaften dieser Disziplin zu untersuchen und zu verstehen. 1991 führten Forscher der Universität Konstanz ein Experiment durch, bei dem Heliumatome auf einen Doppelspalt geschossen wurden.

Der Abstand der beiden Spalte betrug  $d = 8 \mu\text{m}$  betrug. Die Heliumatome besaßen eine De-Broglie-Wellenlänge von  $\lambda = 103 \text{ pm}$ , und der Abstand zwischen Doppelspalt und Beobachtungsschirm betrug  $L = 0,64 \text{ m}$ .

Die kinetische Energie der im Konstanzer Doppelspaltexperiment verwendeten Heliumatome entspricht der kinetischen Energie von einfach positiv geladenen Helium-Ionen  $\text{He}^+$ , die eine Beschleunigungsspannung von  $U_B = 19 \text{ mV}$  durchlaufen haben.

a) Zeigen Sie, dass für die De-Broglie-Wellenlänge dieser einfach positiv geladenen Helium-Ionen  $\text{He}^+$  die folgende Beziehung gilt:

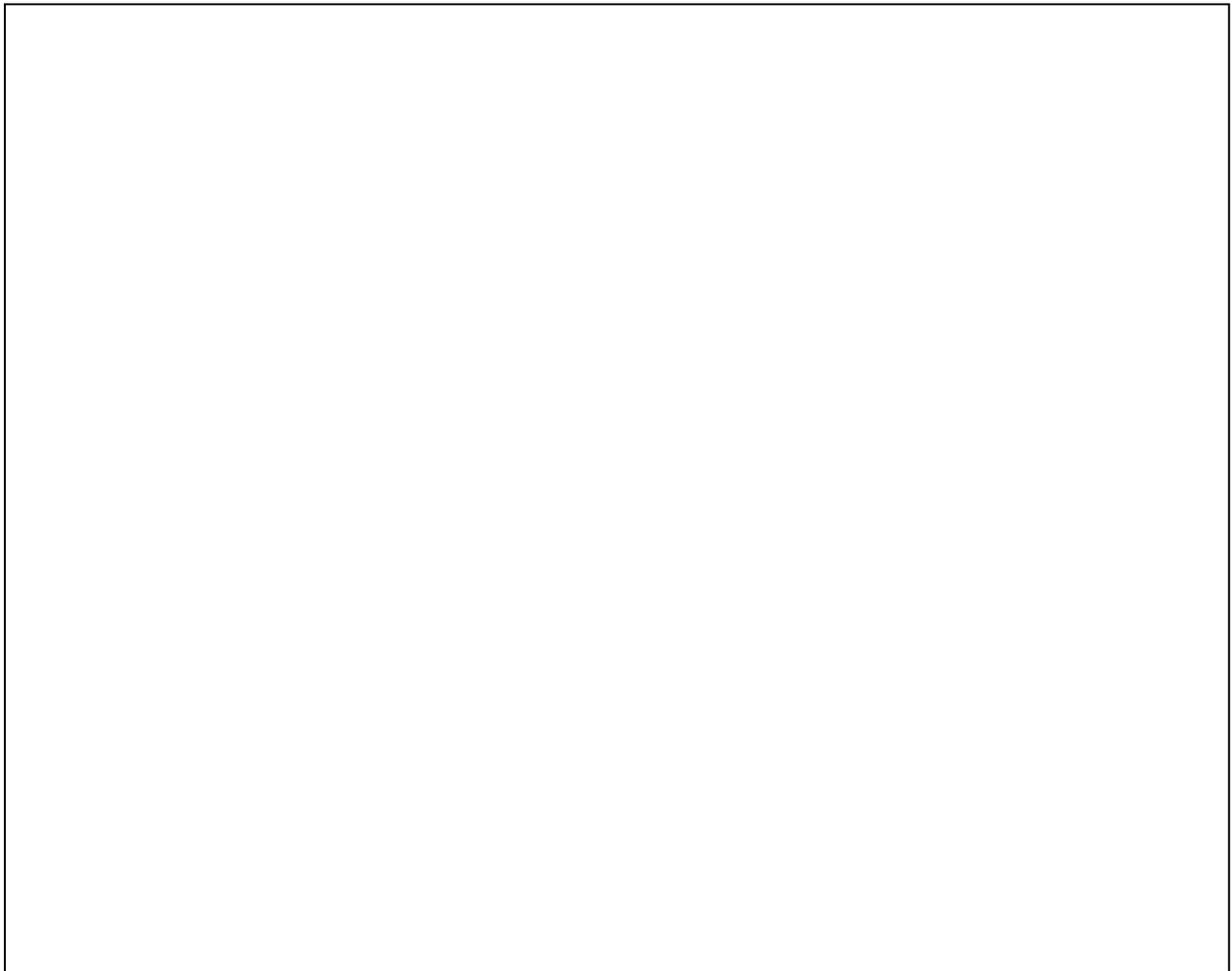
$$\lambda_{\text{He}^+} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot e \cdot m_{\text{He}^+} \cdot U_B}}$$

Die Masse der  $\text{He}^+$ -Ionen beträgt:

$$m_{\text{He}^+} = 6,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$



**b)** Bestimmen Sie die De-Broglie-Wellenlänge der Helium-Ionen anhand dieser Formel.



Bei der Beugung von Quantenobjekten mit der Wellenlänge  $\lambda$  an einem Doppelspalt ergibt sich der Winkel  $\alpha_n$ , unter dem das Interferenzmaximum der n-ten Ordnung beobachtet werden kann, aus der folgenden Beziehung:

$$d \cdot \sin(\alpha_n) = n \cdot \lambda$$



Im Konstanzer Doppelspaltexperiment mit Heliumatomen befanden sich die Interferenzmaxima erster Ordnung in einem Abstand von  $8,4 \mu\text{m}$  zum Hauptmaximum auf dem Schirm.

**d)** Berechnen Sie die Wellenlänge der Heliumatome anhand der angegebenen Position der Interferenzmaxima erster Ordnung.



**e)** Bewerten Sie, inwieweit das Experiment die De-Broglie-Theorie für Heliumatome quantitativ bestätigt.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Im Jahr 1959 führte Claus Jönsson in Tübingen zum ersten Mal Doppelspaltexperimente mit Elektronen erfolgreich durch. In diesem Experiment wurden folgende Parameter verwendet:

- Spaltabstand:  $d = 2 \mu\text{m}$
- Abstand zwischen Doppelspalt und Schirm:  $L = 35 \text{ cm}$
- De-Broglie-Wellenlänge:  $\lambda_B = 5,35 \text{ pm}$
- Anfangsimpuls der Elektronen:

$$p = 1,24 \cdot 10^{-22} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

**f)** Weisen Sie rechnerisch nach, warum es bei den oben genannten Daten erforderlich ist, das Interferenzmuster visuell zu vergrößern, um es beobachten zu können.

