

MI Mikroskop

1. Motivation

Das Mikroskop ist ein optisches Instrument, an dem sowohl die Gesetze der geometrischen Optik als auch deren Beschränkungen gut untersucht werden können.

Das Mikroskop ist in den Naturwissenschaften ein unentbehrliches Gerät, da es zum einen den Bereich der menschlichen Sinne wesentlich erweitert, zum anderen aber einfach anzuwenden ist, da das entstehende Bild direkt ein vergrößertes Abbild der mikroskopischen Struktur ist.

2. Grundlagen/Theorie

- Geometrische Optik und Wellenoptik
(Staudt Skript II, Kap. 8.1 oder E. Hecht, Optik, Kap. 4.2.3, 5.1)
- Abbildungsgleichung von Linsen
(Staudt Skript II, Kap. 8.2.3 oder E. Hecht, Optik, Kap. 5.2)
- Lupe und Mikroskop
(Staudt Skript II, Kap. 8.2.3 und Gerthsen, Kap. 9.2.4, 9.2.5, 9.2.6 oder E. Hecht, Optik, Kap. 5.7)
- Auflösungsvermögen des Mikroskops
(Staudt Skript II, Kap. 8.5 oder E. Hecht, Optik, Kap. 10.2.6)

Fragen:

- Wie groß ist das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges? Durch was wird es limitiert? Wie können kleinere Gegenstände betrachtet werden?
- Wie ist der Strahlengang bei der Lupe?
- Wie ist der Strahlengang im Mikroskop?
- Wie lautet die Formel für die Vergrößerung im Mikroskop? Wie hoch ist die maximal erreichbare Vergrößerung eines Lichtmikroskops ungefähr?
- Durch was wird das Auflösungsvermögen eines Mikroskops begrenzt? Wie sieht das Bild einer punktförmigen Lichtquelle bei Abbildung durch ein optisches Instrument aus?
- Was ist nach der Helmholtzschen Theorie des Auflösungsvermögens die Bedingung, dass zwei Objekte gerade noch getrennt werden können?
- Was ist nach der Abbeschen Theorie des Auflösungsvermögens die Bedingung, dass Strukturen auf dem Objekt erkennbar sind?

3. Beschreibung des Versuchs

Im Versuch soll zunächst die Vergrößerung des Mikroskops abgeschätzt werden, indem der Sehwinkel mit und ohne Mikroskop bestimmt wird. Anschließend wird die numerische Apertur der Objektivseite bestimmt, um daraus das Auflösungsvermögen des Mikroskops abzuschätzen.

Als letztes werden als Beispiel für eine Anwendung des Mikroskops die Länge von Spalttrümmerspuren aus einer kernphysikalischen Reaktion ausgemessen.

4. Messungen

- Bestimmung der Vergrößerung des Mikroskops für die vier Kombinationen aus zwei verschiedenen Okularen und den zwei Objektiven.

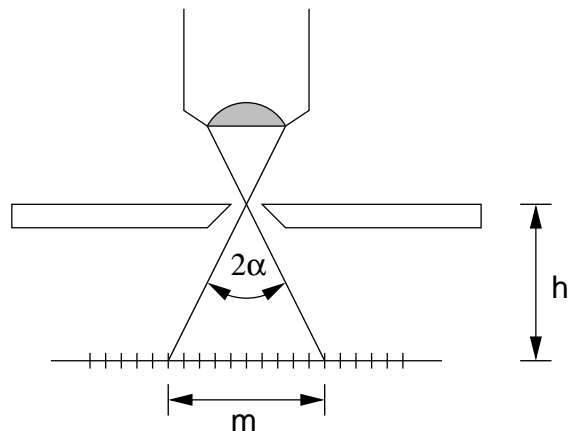
Betrachten Sie dazu mit einem Auge das Objektmikrometer (feiner Maßstab mit $\frac{5}{100}$ -mm Teilung) im Mikroskop. Betrachten Sie gleichzeitig mit dem anderen Auge einen Maßstab, der sich auf Höhe des Objektisches befinden sollte (nehmen Sie als Entfernung die Bezugssehweite von $s_0 = 25$ cm an) und schätzen Sie so durch Vergleich den Sehwinkel ab, unter dem Sie das Mikrometer im Mikroskop sehen.

- Eichen Sie das Okularmikrometer für beide Objektive, indem Sie das Objektmikrometer betrachten.

- Bestimmung der numerischen Apertur beider Objektive:

Ersetzen Sie den Kondensator durch den Tubus mit Skala (lösen Sie dazu vorsichtig die Schraube auf der Seite des Kondensors; Vorsicht, heiß!). Legen Sie die Lochblende auf den Objektisch und stellen Sie auf die obere Kante scharf. Entfernen Sie das Okular und schauen Sie in den Tubus; die Skala ist dann in einem kreisförmig begrenzten Feld sichtbar.

Messen Sie den sichtbaren Bereich m und die Höhe h für 5 verschiedene Höheneinstellungen.



- Untersuchung von Spalttrümmerspuren aus einer kernphysikalischen Reaktion: Messen Sie unter dem Mikroskop (normaler Kondensator, Okular mit Mikrometer) die Länge von 25 Spalttrümmerspuren.

5. Aufgaben zur Auswertung

- Konstruieren Sie den Strahlengang im Mikroskop. Nehmen Sie als Gegenstands Entfernung die 1,5-fache Objektivbrennweite.

- Zu Messung 1: Berechnen Sie die vier verschiedenen Vergrößerungen aus den Messungen mit den verschiedenen Okularen und Objektiven. Die Vergrößerung ergibt sich jeweils aus dem Verhältnis $\frac{\tan(\varepsilon_{mit})}{\tan(\varepsilon_{ohne})}$, wobei $\varepsilon_{ohne} = \frac{G}{s_0}$ der Sehwinkel ohne Instrument ist und ε_{mit} der gemessene Sehwinkel mit Instrument ist. Berechnen Sie außerdem die Vergrößerungen der beiden Objektive.
- Zu Messung 3: Berechnen Sie den Aperturwinkel α für beide Objektive (jeweils mit Standardabweichung). Welche minimale Objektgröße ergibt sich daraus nach der Helmholtzschen Theorie für das Auflösungsvermögen (für eine mittlere optische Wellenlänge von 500 nm)?
- Zu Messung 4: Berechnen Sie aus den gemessenen Längen der Spalttrümmerspuren die mittlere Anfangsenergie der Spalttrümmer (mit Fehler). Berechnen Sie daraus die Anfangsgeschwindigkeit, mit der die Spalttrümmer in die Folie eingedrungen sind (ebenfalls mit Fehler).

6. Anhang A: Kernphysik

Der Atomkern ${}_{98}^{252}\text{Cf}$ (Californium) spaltet spontan in zwei etwa gleich schwere Bruchstücke, die kurz nach der Spaltung (innerhalb von 10^{-15} s) jeweils im Mittel zwei prompte Neutronen emittieren. Die Spalttrümmer werden in einer Plastikfolie abgebremst und hinterlassen dabei Spuren.

Die Länge der Spuren ergibt sich aus der Energie-Reichweite-Beziehung:

$$R = a \cdot E^{2/3} \quad \text{mit } a_{\text{Folie}} = 0,89 \frac{\mu\text{m}}{(\text{MeV})^{2/3}}$$

Somit kann aus der Länge der Spuren die Energie der Spalttrümmer berechnet werden, wobei zu beachten ist, dass die Trümmer unter einem Winkel von 20° in die Folie eintreten, die Spuren bei Aufsicht also verkürzt erscheinen.

Zur Umrechnung:

$$\text{Nukleonenmasse} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$