

3. TEST - Vorlesung 138.038
Grundlagen der Physics - Optik, Quantentheorie

Name:

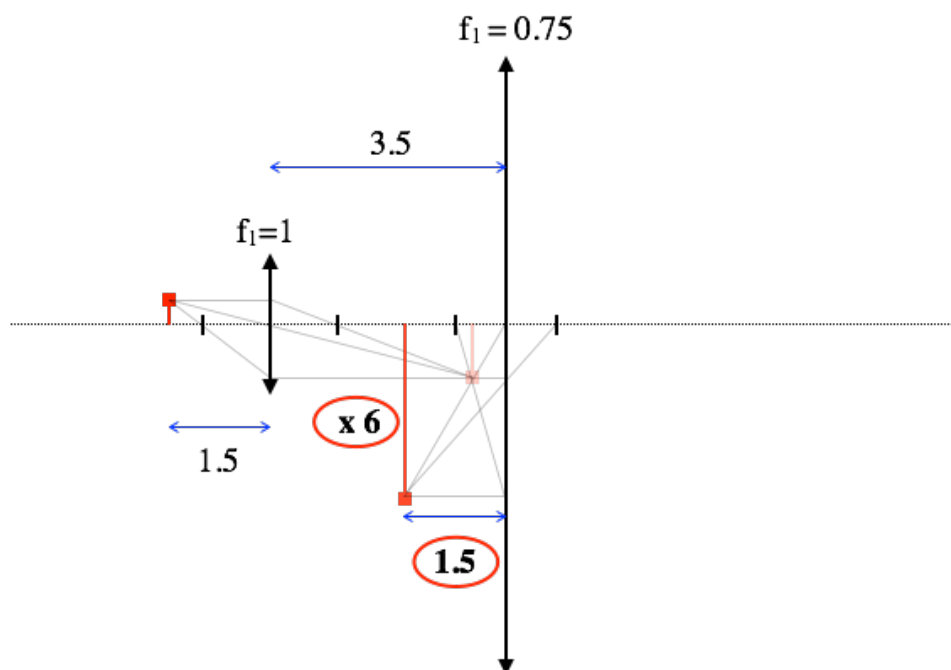
Matrikelnummer:

1. Geometrische Optik

Für ein optisches System bestehend aus zwei Sammellinsen, dargestellt in der Abbildung, bestimmen Sie (mit Algebra oder geometrischer Konstruktion):

- 1) Die Position des Bildes des roten Objekts (Entfernung von der Linse Nr. 2)? (4 Punkte)
- 2) Ist das Bild aufrecht oder umgekehrt? Ist das Bild real oder virtuell? (2 Punkte)
- 3) Wie groß ist die Vergrößerung (Quotient aus Bild- und Objektgröße)? (2 Punkte)
- 4) Was ist chromatische Aberration? Tritt diese bei der Verwendung von Spiegeln auf? (2 Punkte)

Bildfehler, der durch unterschiedliche Brechungsindizes für Licht unterschiedlicher Farben verursacht wird. Nein.



2. Wellen Optik

Betrachten Sie ein eindimensionales Gitter, das einem kohärenten monochromatischen roten Licht ($\lambda = 650 \text{ nm}$) ausgesetzt wird und 1 m von einer Projektionswand entfernt platziert ist. Wir nehmen an, dass die Breite der einzelnen Spalte ausreichend klein ist und vernachlässigt werden kann. Auf der Projektionswand sieht man Streifen mit einem ungefähr regelmäßigen Abstand von 1 cm, Abb. 2.

1) Bestimmen Sie den Abstand zwischen den benachbarten Gitterspalten. (Maxima entsprechen konstruktiver Interferenz zwischen Wellen die durch verschiedene Spalte emittiert werden) (3 Punkte)

$65 \mu\text{m}$

2) Wie groß ist der Streifenabstand, wenn grünes Licht ($\lambda = 550 \text{ nm}$) verwendet wird? (2 Punkte)

8.46 mm

3) Was ist linear polarisiertes Licht? (2 Punkte)

(a) elektromagnetische Strahlung mit Fluktuation des elektrischen Intensitätsvektors in einer bestimmten Richtung, die sich nicht mit der Zeit ändert

(b) elektromagnetische Strahlung die erhalten wird, indem Licht durch ein Material gestrahlt wird das natürliche optische Aktivität zeigt

(c) elektromagnetische Strahlung, die durch eine einzige Frequenz gekennzeichnet ist

4) Was ist das physikalische Prinzip der spektralen Zerlegung von Licht durch ein Prisma? (2 Punkte)

(a) Totalreflexion

(b) Interferenz zwischen Wellen unterschiedlicher Frequenz

(c) Dispersion von Glas und Brechung

5) Welche physikalische Größe kennzeichnet die Lichtfarbe? (1 Punkt)

Frequenz (Wellenlänge)



3. Quantentheorie

1) Die Quantentheorie macht statistische Vorhersagen. Welche der folgenden Aussagen charakterisiert den statistischen Charakter der Theorie? (10/3 Punkte)

- (a) Wir können das Ergebnis von Messungen an einem (quanten-) mikroskopischen System nur mit begrenzter Genauigkeit vorhersagen, da wir nie die genauen Anfangsbedingungen des Systems kennen können.
- (b) Die Genauigkeit, mit der wir die Messergebnisse an einem isolierten Quantensystem vorhersagen können, nimmt mit der Zeit ab. (ähnlich wie Wetter vorhersagen)
- (c)** In den Messungen, die an Quantensystemen durchgeführt werden, besteht eine inhärente Zufälligkeit, d.h. selbst die genaue Kenntnis des Zustands des Systems erlaubt keine Vorhersagbarkeit der gemessenen Ergebnisse mit Sicherheit. Es ist jedoch möglich, die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Messergebnisse vorherzusagen.

2) Die Heisenbergsche Unschärferelation sagt, dass (10/3 Punkte)

- (a) Instrumente die Position eines Elektrons mit einem größeren Fehler messen können als $\hbar/2$. (wobei \hbar die Planck-Konstante ist)
- (b) ein Elektron hat eine endliche Größe der Ordnung $\hbar/2$ und befindet sich somit überall in dieser Entfernung von seinem Zentrum.
- (c)** Ein Wellenpaket mit einer Breite der Ordnung Δx und der Ausbreitung von Impulsen der Ordnung Δp , so dass $\Delta x \cdot \Delta p$ kleiner als $\hbar/2$ ist, kann nicht existieren. Daher ist es unmöglich, die Position x und den Impuls p gleichzeitig mit einer Genauigkeit zu messen, die höher als $\Delta x \cdot \Delta p = \hbar/2$ ist.

3) Quantenmechanische Wellenfunktion eines Elektrons (10/3 Punkte)

- (a) ist eine Funktion der Zeit, die beschreibt, wie die Position eines Elektrons oszilliert, wenn es einer elektromagnetischen Welle ausgesetzt wird.
- (b)** ist eine Funktion von Position und Zeit, die die vollständige Information über die Dynamik des Elektrons enthält. Ihr Betragsquadrat an einem gegebenen Punkt im Raum gibt die Wahrscheinlichkeit, das Elektron dort zu finden.
- (c) misst den mittleren Abstand zwischen Elektronen in einem Elektronengas bei verschiedenen Temperaturen.

4. Aufbau der Atome

1) Was ist der Ursprung der Linienspektren von Gaslampen? (2 Punkte)

(a) Nach der Quantentheorie darf Licht nur bestimmte diskrete Frequenzen haben.

(b) Licht, das von einem Gas emittiert wird, ist dasselbe wie das von einzelnen Atomen emittierte Licht, das aus Übergängen zwischen diskreten atomaren Niveaus entsteht.

(c) Die starke Wechselwirkung zwischen den Atomen im Gas ist der Ursprung des diskreten Spektrums des emittierten Lichts.

2) Wie ist die Beziehung zwischen der Frequenz des Lichts und der Energie seiner kleinsten Quanten (Photonen)? (2 Punkte)

$$E = \hbar \omega$$

3) Das Sauerstoffatom hat 8 Elektronen. Schreiben Sie die Elektronenkonfiguration ihres Grundzustandes in der Form ' $1s^2 2s^2 \dots$ ' auf (Denken Sie daran, dass das Elektron einen Spin hat). (3 Punkte)

$$1s^2 2s^2 2p^4$$

4) Das Kohlenstoffatom hat die Konfiguration $1s^2 2s^2 2p^2$, d.h. es hat 2 Elektronen in der teilweise gefüllten 2p-Schale. Wie viele verschiedene Zustände stellt diese Konfiguration dar, d.h. wie viele verschiedene Möglichkeiten es gibt, die 2 Elektronen zwischen den verfügbaren 2p-Orbitalen zu verteilen? (Denken Sie daran, dass das Elektron einen Spin hat) (3 Punkte)

$$6 \cdot 5 / 2 = 15$$

Lösung

$$f_1 = 1$$

$$f_2 = 0.75 = \frac{3}{4}$$

$$d = 3.5 = \frac{7}{2}$$

$$g_1 = 1.5 = \frac{3}{2}$$

$$L1: \frac{1}{g_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{2}{3} + \frac{1}{b_1} = 1$$

$$b_1 = 3$$

$$\frac{B_1}{G} = \frac{|b_1|}{|g_1|} = \frac{3}{\frac{3}{2}} = 2$$

$$L2: g_2 = d - b_1 = 3.5 - 3 = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{g_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f_2}$$

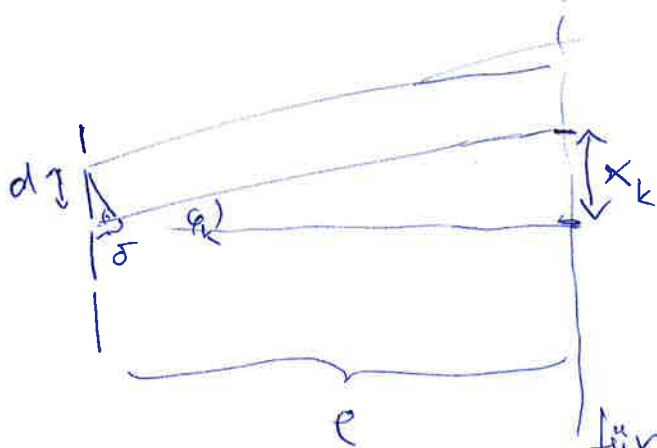
$$2 + \frac{1}{b_2} = \frac{4}{3}$$

$$\boxed{b_2 = -\frac{3}{2}}$$

$$\frac{B_2}{G_2} = \frac{|b_2|}{|g_2|} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{1}{2}} = 3$$

$$\boxed{\frac{B_2}{G} = \frac{B_2}{G_2} \frac{B_1}{G_1} = 6}$$

Lösung



Konstruktive Interferenz

$$\Delta = k \lambda \quad k=0, 1, \dots$$

$$\parallel$$
$$d \sin \varphi$$

$$\sin \varphi_k = k \frac{\lambda}{d}$$

für klein φ $\sin \varphi \approx \varphi$

$$\boxed{\varphi_k = k \frac{\lambda}{d}}$$

$$x_k = l \tan \varphi_k \approx l \varphi_k$$

$$x_k \approx k \frac{\lambda}{d} l \quad k=0, 1, \dots$$

\Downarrow

$$\Delta x = \frac{\lambda}{d} l$$

$$d = \frac{\lambda}{\Delta x} l = \frac{650 \text{ nm}}{0.01 \text{ m}} \cdot 1 \text{ m} =$$

$$= \underline{\underline{65 \mu\text{m}}} \quad (\text{rot})$$

$$\Delta x(\text{grün}) = \frac{550 \text{ nm}}{65 \mu\text{m}} \cdot 1 \text{ m} =$$

$$\approx \underline{\underline{8.46 \text{ mm}}} \quad (\text{grün})$$