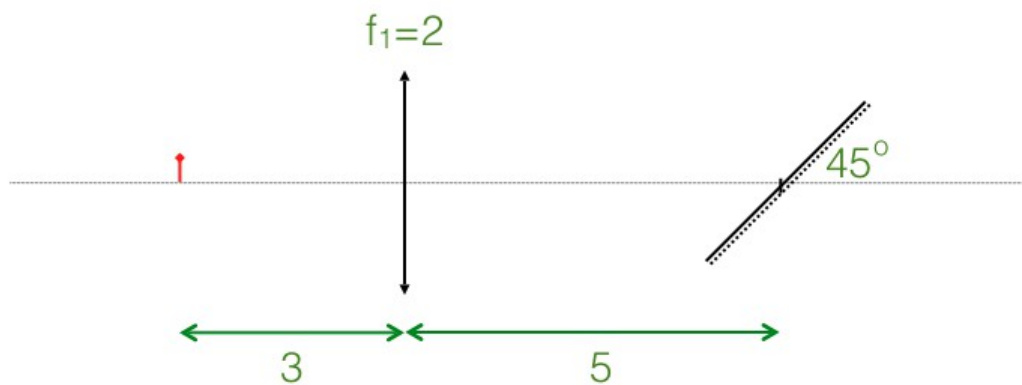


3. TEST - Vorlesung 138.038  
Grundlagen der Physics - Optik, Quantentheorie

1. Geometrische Optik

Für ein optisches System bestehend aus einer Sammellinse und einem ebenen Spiegel, dargestellt in der Abbildung, bestimmen Sie (mit Algebra oder geometrischer Konstruktion):

- 1) Die Position des Bildes des roten Objekts? (6 Punkte)
- 2) Ist das Bild real oder virtuell? (2 Punkte)
- 3) Wie groß ist die Vergrößerung (Quotient aus Bild- und Objektgröße)? (2 Punkte)



## 2. Wellen Optik

1) Betrachten Sie ein eindimensionales Gitter, das einem kohärenten monochromatischen roten Licht ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ) ausgesetzt wird und  $1 \text{ m}$  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  $1 \text{ cm}$ , Abb. 1. Bestimmen Sie den Abstand zwischen den benachbarten Gitterspalten. (Maxima entsprechen konstruktiver Interferenz zwischen Wellen die durch verschiedene Spalte emittiert werden) (4 Punkte)

2) Leiten Sie für ein reflektierendes Gitter (Abb. 2) mit der Periodizität  $d$  eine Gleichung für die Lage der Interferenzmaxima ( $\varphi$ ) her. Eine ebene Welle der Wellenlänge  $\lambda$  fällt unter den Winkel  $\varphi_i$ . (3 Punkte)

**Hinweis:** Berechnen Sie die Differenz der Laubahnen, die die an benachbarten Teilen des Gitters reflektierten Teilwellen zurücklegen.

Während ein reales Gitter wie das graue Objekt aussieht, wird das gleiche Interferenzmuster mit einer idealisierten periodischen Gitter von Spalten erhalten, die unten in der Abbildung gezeigt wird.

3) Was ist linear polarisiertes Licht? (3 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

Abb. 1

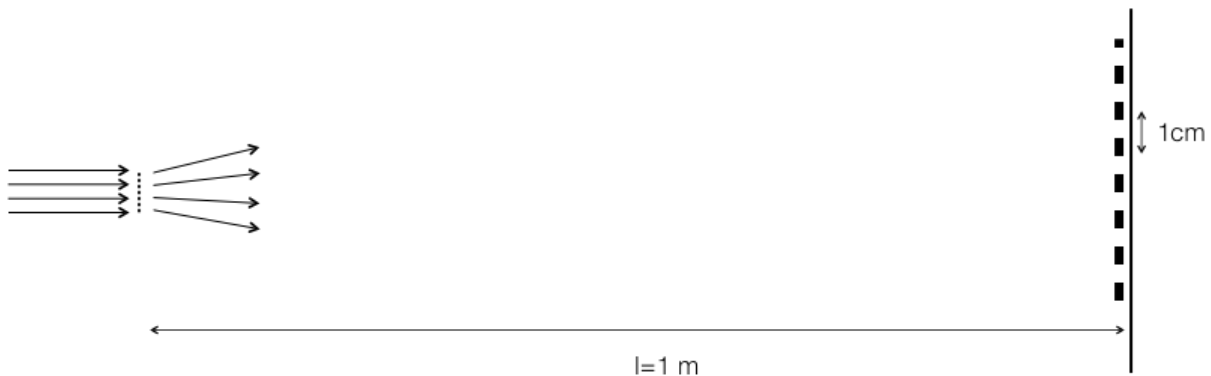
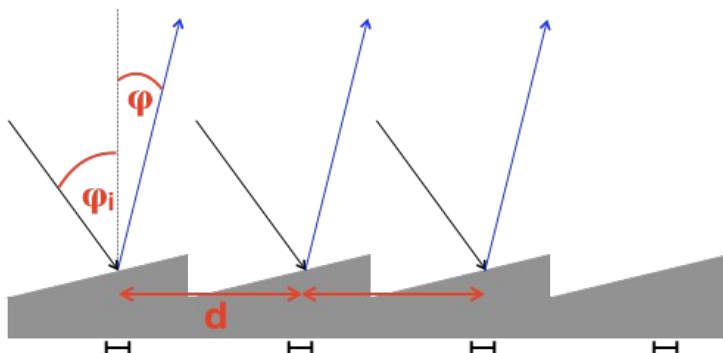


Abb. 2



### 3. Quantentheorie

#### 1) In der Quantenmechanik beschreibt die Schrödinger-Gleichung (10/3 Punkte)

- a) die Beziehung zwischen der Beschleunigung eines Elektrons und der darauf einwirkenden äußeren Kraft.
- b) die zeitliche Entwicklung und räumliche Verteilung der Elektronenwellenfunktion, eine Hilfsmenge (nicht beobachtbar) des quantenmechanischen Formalismus, mit der physikalische Observablen bestimmt werden können.
- c) die Beziehung zwischen Observablen, die nicht gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit wie Position und Impuls eines Elektrons gemessen werden können.

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

- (a) Ein Wellenpaket mit einer Breite der Ordnung  $\Delta x$  und der Ausbreitung von Impulsen der Ordnung  $\Delta p$ , 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.
- (b) Instrumente die Position eines Elektrons mit einem größeren Fehler messen können als  $\hbar/2$ . (wobei  $\hbar$  die Planck-Konstante ist)
- (c) ein Elektron hat eine endliche Größe der Ordnung  $\hbar/2$  und befindet sich somit überall in dieser Entfernung von seinem Zentrum.

#### 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) misst den mittleren Abstand zwischen Elektronen in einem Elektronengas bei verschiedenen Temperaturen.
- (c) 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.

#### 4. Aufbau der Atome

1) Was ist der Ursprung der Linienspektren von Gaslampen? (3 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 Wellenlänge des Lichtes und der Energie seiner kleinsten Quanten (Photonen)? (3 Punkte)

3) Das Kohlenstoffatom hat 6 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). (4 Punkte)