

Physik IV 2011 - Übung 1

24. Februar 2011

1. Beugung am Spalt.

Σ 3

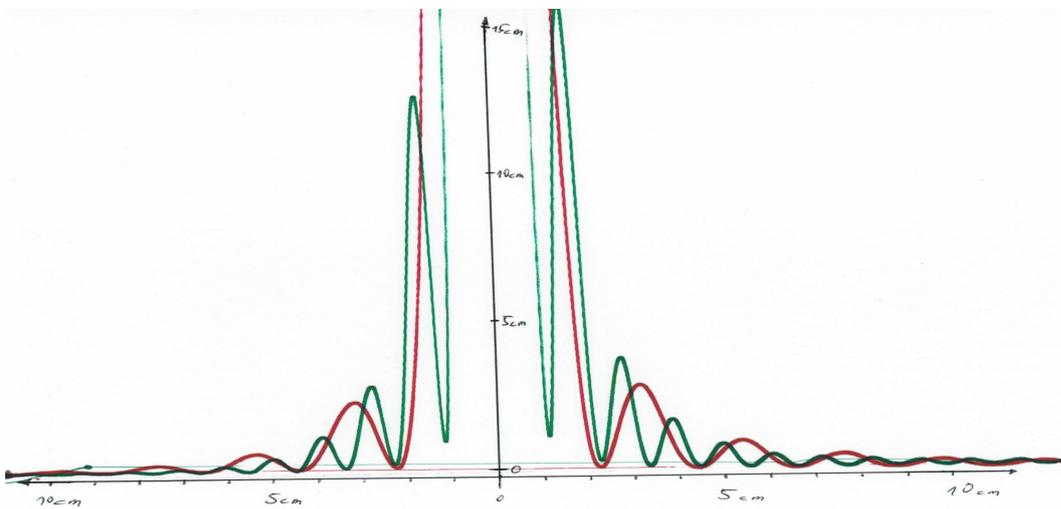


Abbildung 1: Beugungsmuster des in Vorlesung gezeigten Einzelspaltexperiments.

2. In Abbildung 1 ist das Einzelspaltbeugungsmuster aus dem Vorlesungsversuch gezeigt. Gemäss Abbildung 2 beträgt der Abstand des Schirms zum Spalt hier $R = 3.6$ m und die Spaltbreite $d_1 = 0.1$ mm bzw. $d_2 = 0.2$ mm. Erklären Sie, welche Linie zu welcher Spaltbreite passt und ermitteln Sie die Wellenlänge des verwendeten Lasers. [1]

3. Geben Sie die Relation zwischen der Breite des Spalts und der minimalen Impulsänderung der einfallenden Photonen in Form einer Ungleichung an. Berechnen Sie dazu die Impulsänderung aus der Winkeldivergenz

des Strahles nach dem Spalt, die durch den Winkel zwischen erstem Beugungsminimum und Hauptmaximum definiert ist. [1]

4. Wie verändert sich das Beugungsmuster, wenn anstelle einer monochromatischen eine Lichtquelle mit einer spektralen Verteilung im sichtbaren Bereich ($\sim 400 - 700 \text{ nm}$) verwendet wird? [1]

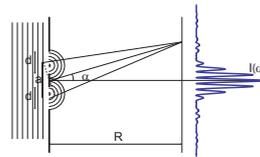
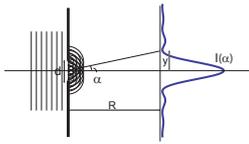


Abbildung 2: Einzelspalt

Abbildung 3: Doppelspalt

1. Beugung am Doppelspalt und am Beugungsgitter Σ 3

Bei der Beugung am Doppelspalt (siehe Abbildung 3) kommt es zu einer kohärenten Addition der Felder beider Einzelspalte (siehe Aufgabe 1).

- (a) Welches Intensitätsmuster würden Sie erwarten, wenn Sie die Photonen als (klassische) Teilchen betrachteten? Diskutieren Sie, welcher experimentelle Befund im Doppelspaltexperiment eine derartige Betrachtungsweise rechtfertigte? [1/2]
- (b) Beschreiben Sie qualitativ, wie sich eine Veränderung der Spaltbreite bzw. eine Veränderung des Spaltabstands auf das tatsächlich beobachtete Intensitätsmuster auswirkt. [1/2]
- (c) Wie gross ist die Intensität entlang der Strahlachse ($\alpha = 0$)? Vergleichen Sie dieses Resultat mit dem Fall einer inkohärenten Beleuchtung der beiden Spalte durch unterschiedliche Lichtquellen bei gleicher Feldstärke der Spalte. [1]
- (d) Zeigen Sie, dass das Intensitätsmuster für N im Abstand a angeordnete Spalte durch

$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \left(\frac{\sin N\phi}{\sin \phi} \right)^2$$

gegeben ist, wobei $\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \alpha$ bzw. $\phi = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \alpha$ mit der Spaltbreite d , dem Spaltabstand a und der Wellenlänge λ . [1]

2. Detektion von Photonen.

Σ 2

(a) Im einem Doppelspalt-Experiment betrage die Distanz zwischen der Lichtquelle (4 mW He-Ne laser mit einer Wellenlänge von 632.8 nm) und dem Doppelspalt 1 m. Wie stark muss der Lichtstrahl mindestens abgeschwächt werden, damit sich im Durchschnitt nicht mehr als ein Photon zur selben Zeit zwischen Quelle und Doppelspalt befindet?

[1]

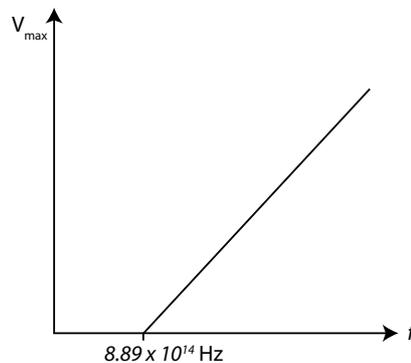
(b) Während einer Raummission landet ein Kosmonaut auf dem Mond. Ein Freund des Kosmonauten versucht diesem eine Nachricht mit Hilfe eines laser pointers (Wellenlänge 532 nm) zu schicken. Kann der Kosmonaut die Nachricht empfangen, wenn das menschliche Auge schon ~ 100 Photonen pro Sekunde wahrnehmen kann? Die Distanz Erde-Mond beträgt 378000 km und der laser pointer emittiert Licht in einen Raumwinkel von $3 \cdot 10^{-8}$ steradians. Begründen Sie Ihre Antwort.

[1]

3. Der Photoelektrische Effekt.

Σ 2

Die Abbildung unten zeigt die Frequenzabhängigkeit der Grenzspannung V_{max} von aus Magnesium emittierten Elektronen.



(a) Berechnen Sie die Austrittsarbeit von Magnesium in eV.

$[\frac{1}{2}]$

(b) Wie gross ist die maximale kinetische Energie der aus dem Magnesium emittierten Elektronen, wenn das auftreffende Licht eine Frequenz von $f = 1.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$ hat?

$[\frac{1}{2}]$

- (c) Zeichnen Sie den Photostrom als Funktion der angelegten Spannung zwischen der Kathode und der Anode. Warum sättigt der Strom bei positiven Spannungen? Bei einem Experiment zum photoelektrischen Effekt befindet sich die scheibenförmige Kathode mit Radius $r = 1$ cm in einem Abstand von $l = 5$ cm zur Magnesium-Anode, deren Abmessungen vernachlässigbar sind. Wie gross wäre der zum Photostrom beitragende Anteil an Elektronen, wenn *keine* Spannung zwischen den Elektroden angelegt wird. Nehmen Sie an, dass die Elektronen gleichförmig in alle Richtungen emittiert werden und vernachlässigen Sie Elektron-Streuprozesse. [1]