



Name: _____

Abiturprüfung 2016

Physik, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Das elektromagnetische Spektrum

In dieser Aufgabe geht es um verschiedene Bereiche des elektromagnetischen Spektrums. In den Aufgabenteilen c) und d) der Teilaufgabe 1 führen Sie dazu ein Experiment durch. Das sichtbare Licht ist der Teil des elektromagnetischen Spektrums, der vom menschlichen Auge wahrgenommen werden kann. Dieser Bereich reicht von einer Wellenlänge von etwa 400 nm an der Grenze vom Ultravioletten (UV) bis zu ca. 780 nm an der Grenze zum Infraroten (IR). Die nahe Infrarotstrahlung im Bereich von ca. 780 nm bis 1000 nm ist der Bereich, in dem z. B. Fernbedienungen senden.

Im Folgenden werden Eigenschaften des elektromagnetischen Spektrums genauer untersucht. Zur Bearbeitung der Aufgabe sollen die folgenden Werte benutzt werden:

Planck'sches Wirkungsquantum	$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Elementarladung	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Vakuumlichtgeschwindigkeit	$c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



Name: _____

Teilaufgabe 1: Interferenz am Gitter

a) Bei der Beleuchtung eines Gitters mit der Gitterkonstanten g mit einfarbigem Licht der Wellenlänge λ beobachtet man unter bestimmten Winkeln α_n auf einem Schirm Interferenzmaxima, deren Lage durch die Beziehung $\sin(\alpha_n) = \frac{n \cdot \lambda}{g}$ beschrieben wird. Für den Abstand dieser Interferenzmaxima vom Hauptmaximum auf dem Schirm gilt unter bestimmten Voraussetzungen: $a_n = \frac{n \cdot \lambda}{g} \cdot d$, wobei d den Abstand zwischen Gitter und Schirm angibt.

- Skizzieren Sie eine experimentelle Anordnung, mit der diese Interferenzerscheinung untersucht werden kann.
- Erläutern Sie anhand einer Skizze die angegebenen Formeln

$$\sin(\alpha_n) = \frac{n \cdot \lambda}{g} \quad \text{und} \quad a_n = \frac{n \cdot \lambda}{g} \cdot d$$

zur Ermittlung der Maxima und geben Sie die Voraussetzung an, unter der die o. g. Gleichung für a_n Gültigkeit hat.

b) Mit der folgenden Anordnung (siehe Abbildung 1) wird zunächst die Infrarotstrahlung einer Fernbedienung untersucht. Dieser Bereich ist für das menschliche Auge unsichtbar, nicht aber für manche Kameras.

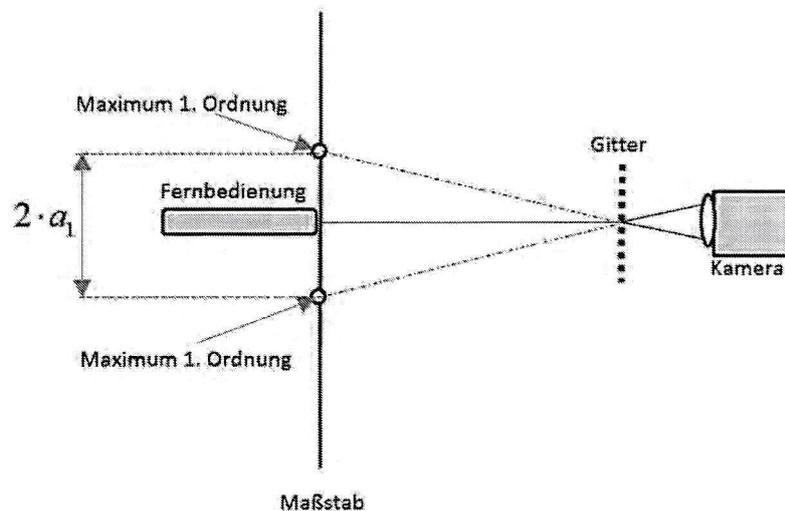


Abbildung 1: Schematische Darstellung der experimentellen Anordnung



Name: _____

Zur Beobachtung des Interferenzmusters wird ein Foto einer oberhalb eines Maßstabes angebrachten Infrarotfernbedienung durch ein optisches Gitter mit einer Gitterkonstanten von $g = \frac{1}{50}$ mm aufgenommen. Der Abstand des Gitters von der Fernbedienung beträgt $d = 38$ cm, der Abstand der (virtuellen) Interferenzmaxima erster Ordnung auf dem Maßstab beträgt $2 \cdot a_1 = 36$ mm.

- Begründen Sie, dass der in Teilaufgabe 1a) angegebene Zusammenhang $a_n = \frac{n \cdot \lambda}{g} \cdot d$ auch für diese Messanordnung gilt, bei der die Maxima direkt beobachtet und nicht auf einem Schirm aufgefangen werden.
- Bestimmen Sie die Wellenlänge der von der Fernbedienung ausgesandten Strahlung.

c) Im Folgenden soll mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Gitterfolie das Spektrum einer Glühlampe untersucht werden. Um Effekte des Umgebungslichts von denen der Glühlampe unterscheiden zu können, wird eine sogenannte Blinklampe benutzt, die in regelmäßigen Abständen an- und ausgeht.

Betrachten Sie das Licht der Blinklampe von oben durch die Gitterfolie (siehe Abbildung 2).

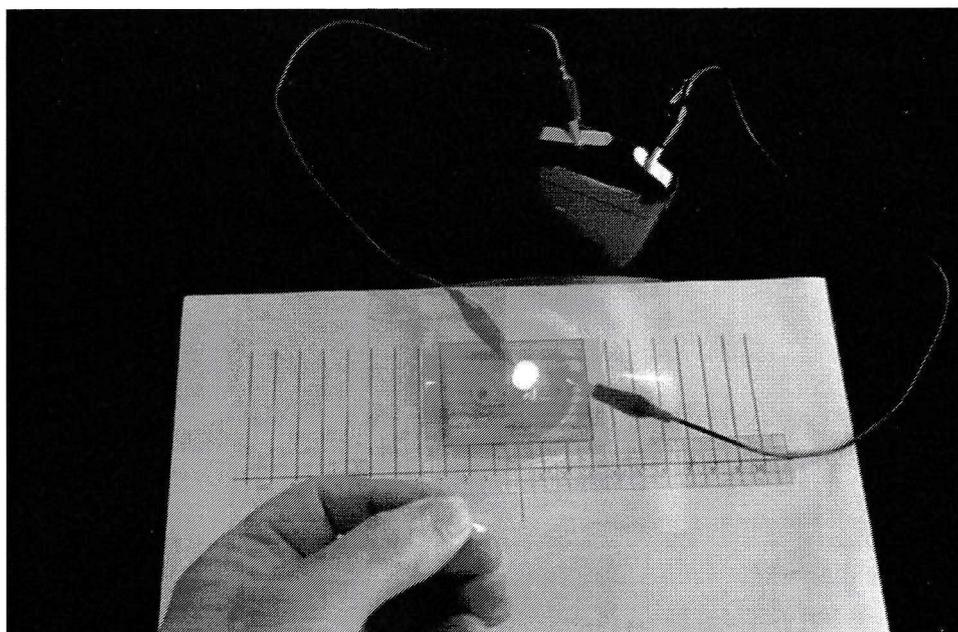


Abbildung 2: Foto des Versuchsaufbaus zu 1c)



Name: _____

Drehen Sie anschließend die Gitterfolie um 90 Grad um die vertikale Achse und betrachten Sie erneut das Licht der Blinklampe durch die Gitterfolie.

- *Beschreiben und erläutern Sie Ihre Beobachtungen jeweils vor und nach der Drehung.*
- *Nennen Sie einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Spektrum des Infrarotlichts der Fernbedienung und dem Spektrum des Lichts der Blinklampe.*
- *Beschreiben Sie, was Sie beobachten würden, wenn Sie statt der Blinklampe eine Wasserstoffspektrallampe betrachten würden.*

d) Um die Gitterkonstante der in Teilaufgabe 1c) benutzten Folie zu bestimmen, wird ein „Beobachtungsröhrchen“ auf die Blinklampe gesetzt, so dass ausschließlich das vertikal abgestrahlte, also das senkrecht auf die Folie auftreffende Licht zur weiteren Untersuchung bereitsteht. Stellen Sie die Blinklampe mit dem Röhrchen auf die markierte Stelle des Maßstabes und halten Sie die Folie unmittelbar über das Röhrchen bzw. legen Sie sie auf das Röhrchen, so dass die Folie einen Abstand von $d = 10\text{ cm}$ zum Maßstab hat (siehe Abbildungen 3a – 3c).

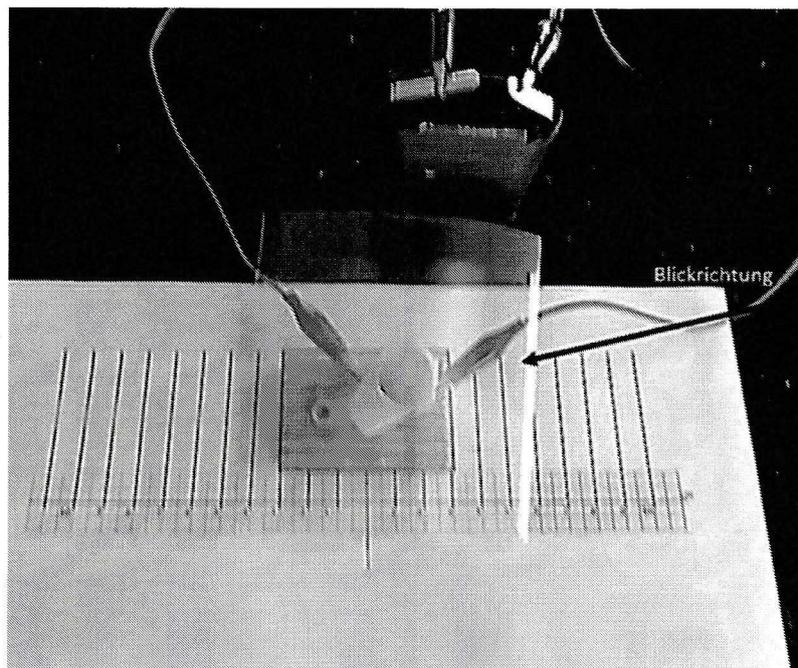


Abbildung 3a: Foto des Versuchsaufbaus von oben



Name: _____



Abbildung 3b: Foto des Versuchsaufbaus aus der Blickrichtung

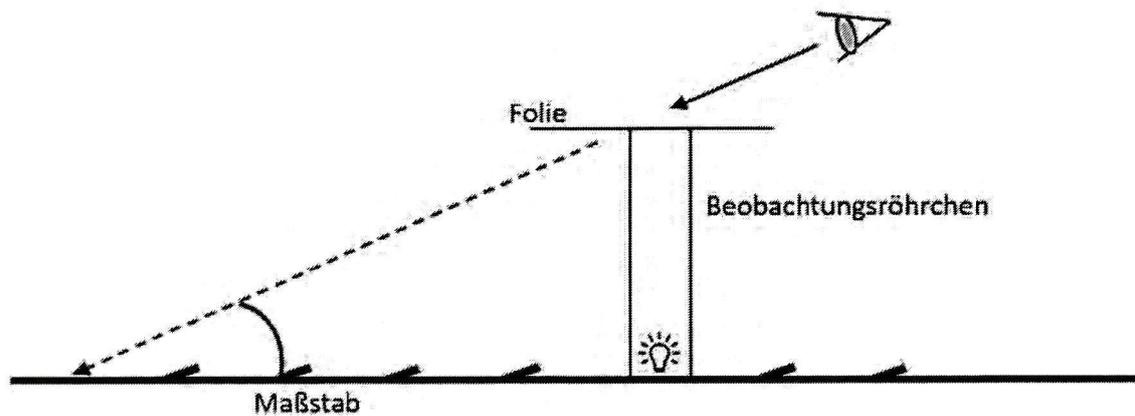


Abbildung 3c: Skizze des Versuchsaufbaus von der Seite

- *Ermitteln Sie mit dieser Versuchsanordnung die virtuelle Lage des kurzwelligen und des langwelligen Rands des sichtbaren Spektrums auf dem darunter liegenden Maßstab.*

[Hinweis: Schauen Sie in geeigneter Weise schräg von oben so auf das Röhrchen, dass das Spektrum 1. Ordnung im oberen Loch des Röhrchens erscheint. Man kann dann das Spektrum nicht auf dem Maßstab sehen, sondern muss die Striche des Maßstabs mit dem Auge ins Röhrchen verlängern.]



Name: _____

- Begründen Sie, warum die Beziehung aus Teilaufgabe 1a) (Kleinwinkelnäherung) hier nicht verwendet werden kann.
- Bestimmen Sie aus den so ermittelten Werten die Gitterkonstante g der verwendeten Gitterfolie.

(36 Punkte)

Teilaufgabe 2: Restlichtverstärker, Fotoeffekt

Ein Restlichtverstärker verstärkt geringe Lichtmengen, so dass sie mit dem Auge oder einer Kamera registriert werden können. Restlichtverstärker sind Elektronenröhren, die in ihrer einfachsten Form aus einer Fotokathode und einem fluoreszierenden Leuchtschirm als Anode bestehen. Mit einem Objektiv wird ähnlich wie bei einer Kamera ein Bild auf die Fotokathode projiziert. Aus jedem so beleuchteten Punkt der Fotokathode treten aufgrund des lichtelektrischen Effekts Elektronen aus. Zwischen Kathode und Schirm wird durch eine Hochspannung ein elektrisches Feld erzeugt, das die emittierten Elektronen beschleunigt. Auf dem Leuchtschirm erzeugen sie im Auftreffpunkt einen Lichtfleck, dessen Helligkeit proportional zur Eingangsbeleuchtung ist, so kann auf der Ausgangsseite ein monochromes, verstärktes Bild der aufgenommenen Szene betrachtet werden (siehe Abbildung 4).

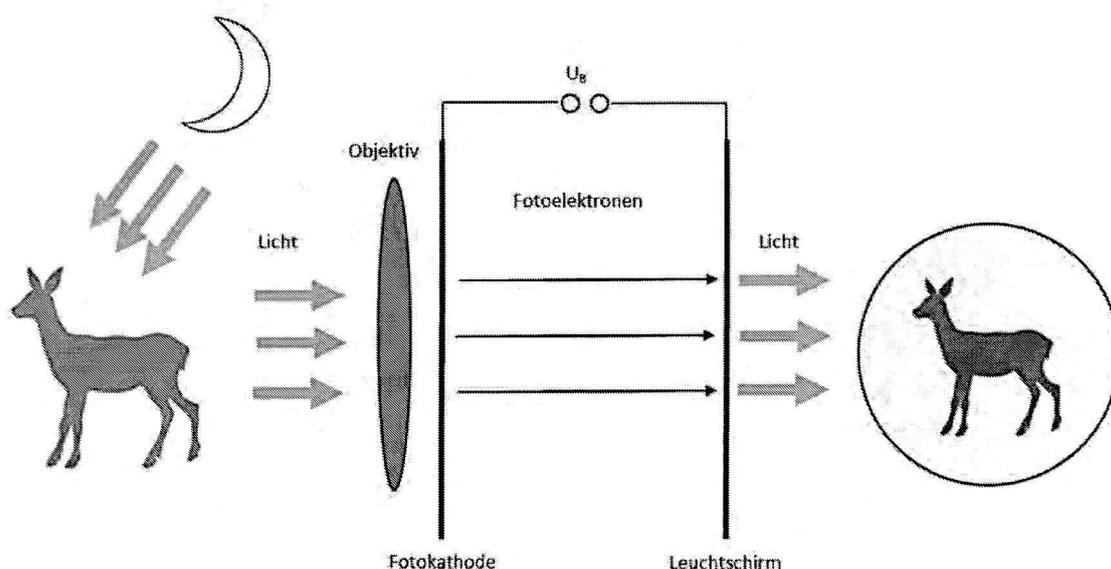


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Restlichtverstärkers



Name: _____

- a) *Erläutern Sie den lichtelektrischen Effekt, der sich in der Fotokathode ereignet, im Rahmen der Quantenphysik. Erläutern Sie dabei auch die Beziehung für den Energieübertrag bei der Wechselwirkung von Photonen mit Materie.*
- b) Auf eine Fotokathode aus Galliumarsenid mit einer Austrittsarbeit von $W_A = 1,45 \text{ eV}$ wird monochromatisches Licht eingestrahlt.
- *Erläutern Sie, was man in diesem Zusammenhang unter der Grenzwellenlänge λ_g versteht.*
 - *Berechnen Sie die Grenzwellenlänge λ_g für die verwendete Fotokathode.*
- c) Bei den ersten Nachtsichtgeräten handelte es sich um einfache „Lichtumwandler“ (siehe Abbildung 4), die Infrarotstrahlung im nahen Infrarotbereich mit Wellenlängen von 780 nm bis 950 nm in sichtbares Licht „umwandeln“.
- Erläutern Sie, durch welche Prozesse die Umwandlung von niederenergetischem Licht in höherenergetisches Licht erreicht wird.*

(14 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Taschenrechner (wissenschaftlicher Taschenrechner ohne oder mit Grafikfähigkeit/CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung