

Thema: Experimente mit Licht

In der ersten Aufgabe geht es um die Untersuchung der Ausbreitung und der Absorption von Licht mithilfe einer Solarzelle. Im Zentrum der zweiten Aufgabe steht die Beleuchtung einer Vakuum-Fotozelle mit Licht verschiedener Wellenlängen. Die dritte Aufgabe beschäftigt sich mit Untersuchungen an einem Doppelspalt und einem Gitter.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

In den nachfolgenden Experimenten fällt Licht unterschiedlicher Lichtquellen auf eine Solarzelle, die einen elektrischen Strom erzeugt.

- 1.1** In einem ersten Experiment wurde eine Halogenlampe als Lichtquelle verwendet. Es wurde untersucht, wie die Stromstärke I vom Abstand d zu dieser Halogenlampe abhängt.

Beschreiben Sie den Versuchsaufbau in Material 1 (M1).

Bestätigen Sie anhand der Messwerte in M2, dass zwischen Abstand d und Stromstärke I der funktionale Zusammenhang $I(d) = k \cdot \frac{1}{d^2}$ besteht, wobei Sie unter Angabe der Konstanten k Ihre Auswertung in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.

Berechnen Sie den in einem Abstand von 30 cm zu erwartenden Wert für die Stromstärke I .

[11 BE]

- 1.2** In einem zweiten Experiment wurde bei konstantem Abstand zur Solarzelle eine LED verwendet, die grünes Licht emittiert. Es wurde eine unterschiedliche Anzahl n von identischen Graufiltern in den Lichtweg zur Solarzelle gebracht und die Stromstärke I gemessen (M3).

Beschreiben Sie das Diagramm.

Bestätigen Sie anhand von zwei Messpunkten in M3, dass ein Filter jeweils etwa 50% des Lichts absorbiert.

Ermitteln Sie die mindestens nötige Anzahl an Graufiltern, damit die an der Solarzelle registrierte Stromstärke auf einen Wert von unter 2% des Wertes ohne Filter sinkt, wobei Sie Ihren Lösungsweg dokumentieren.

[8 BE]

- 1.3** Bei im Vergleich zu 1.2 unverändertem Versuchsaufbau wurden in einem weiteren Experiment andere Graufilter verwendet, die 25% des Lichts absorbieren.

Zeichnen Sie die zugehörigen Messwerte in das Diagramm in M3 ein, wobei Sie Ihr Vorgehen dokumentieren.

[4 BE]

Aufgabe 2

Eine Vakuum-Fotozelle wird nacheinander mit Licht verschiedener Wellenlängen λ beleuchtet. Mit einer geeigneten elektrischen Schaltung lässt sich eine für die Wellenlänge charakteristische Spannung messen.

- 2.1** Zeichnen Sie ausgehend von M4 einen möglichen Versuchsaufbau, mit dem diese charakteristische Spannung U gemessen werden kann.

Erklären Sie in diesem Zusammenhang die Energiebilanz beim Fotoeffekt:

$$h \cdot f = E_{\text{kin}} + E_A.$$

h : Planck-Konstante, f : Frequenz, E_{kin} : kinetische Energie, E_A : Austrittsenergie bzw. Austrittsarbeit.

[6 BE]

- 2.2** Die Tabelle in M5 zeigt die bei verschiedenen Wellenlängen λ an der Fozelle gemessenen Spannungen.
Berechnen Sie die in M5 fehlenden Werte aus den gemessenen Werten für λ und U .
In M6 ist das zugehörige f - E_{kin} - Diagramm dargestellt.
Ermitteln Sie aus diesem Diagramm einen Wert für die Planck-Konstante h . **[5 BE]**
- 2.3** Bei einer anderen Fozelle, hat das verwendete Kathodenmaterial eine Austrittsenergie von $E_A = 3,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
Zeichnen Sie in M6 eine weitere Gerade bei Verwendung dieser Fozelle ein.
Begründen Sie, ob die Auswahl der verwendeten Wellenlängen auch bei dem neuen Kathodenmaterial für die Versuchsdurchführung sinnvoll ist. **[5 BE]**

Aufgabe 3

Ein Doppelspalt wird senkrecht mit einem Laser beleuchtet und das Ergebnis auf einem hinter dem Doppelspalt liegenden Schirm beobachtet. In einem weiteren Experiment wird der Doppelspalt gegen ein Gitter ausgetauscht.

- 3.1** Zeichnen Sie den Versuchsaufbau bei Verwendung des Doppelspaltes.
M7 zeigt einen typischen Ausschnitt eines mit einem Doppelspalt erzeugten Interferenzbildes.
Beschreiben Sie das Interferenzbild in M7.
Erläutern Sie das Entstehen der Maxima in dem Interferenzbild in M7. **[9 BE]**
- 3.2** M8 zeigt das Interferenzbild bei Verwendung eines Gitters.
Für die Maxima eines Interferenzbildes bei Verwendung eines Gitters gilt:

$$n \cdot \lambda = g \cdot \sin \left[\arctan \left(\frac{a_n}{e} \right) \right].$$

n : Ordnung des Maximums; λ : Wellenlänge;
 g : Gitterkonstante; e : Abstand Gitter – Schirm;
 a_n : Abstand zwischen Maximum 0. und Maximum n . Ordnung

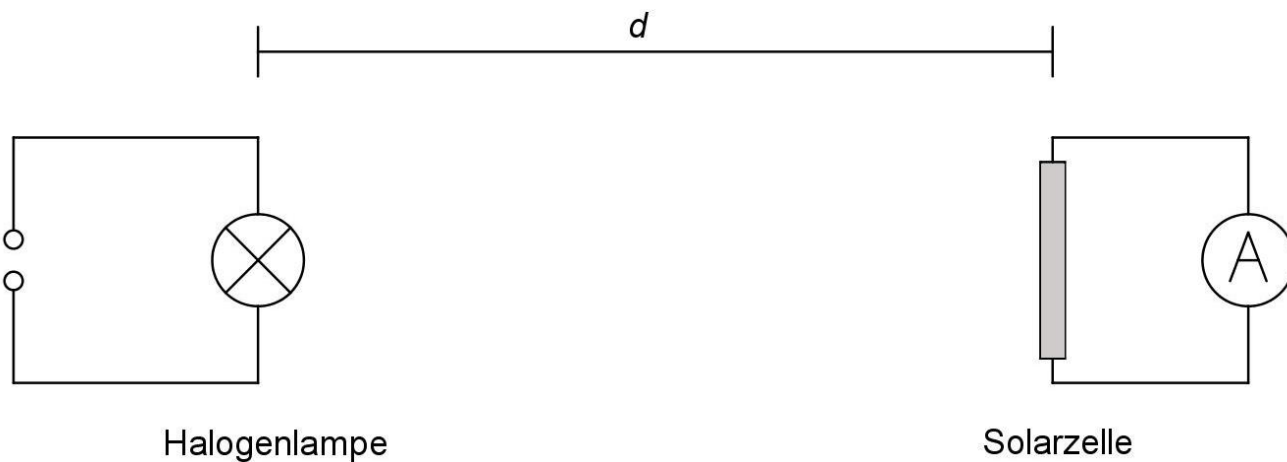
Erläutern Sie, warum für eine möglichst genaue Berechnung der Gitterkonstanten g der Abstand der beiden Maxima dritter Ordnung verwendet wird (M8).

Berechnen Sie ausgehend von M8 die Gitterkonstante g des verwendeten Gitters.

Bestimmen Sie die Messunsicherheit für die berechnete Gitterkonstante durch geeignete Auswahl minimaler und maximaler Werte für a_n und e . **[9 BE]**

- 3.3** In einem Gedankenexperiment wird jeder zweite Gitterspalt des Gitters verschlossen.
Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie sich das Schirmbild verändert. **[3 BE]**

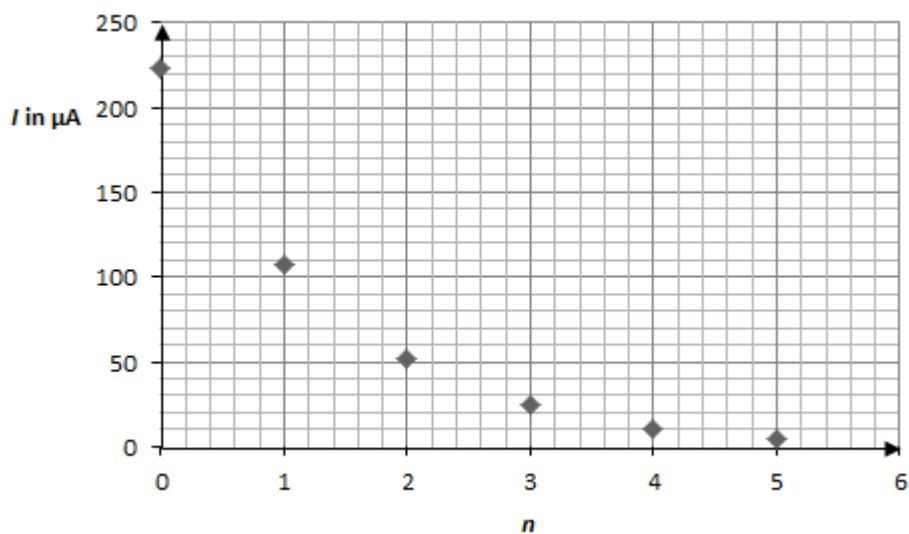
Material



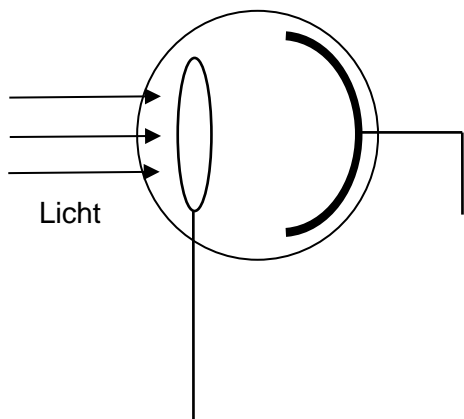
M1: Versuchsaufbau zu Teilaufgabe 1.1.

Abstand d in cm	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0
Stromstärke I in mA	45,1	28,5	19,4	14,3	10,7	8,4	6,9	5,7	4,1	3,1	2,5	2,0	1,6

M2: Messwerte für die an der Solarzelle gemessene Stromstärke in verschiedenen Abständen d von der Halogenlampe.



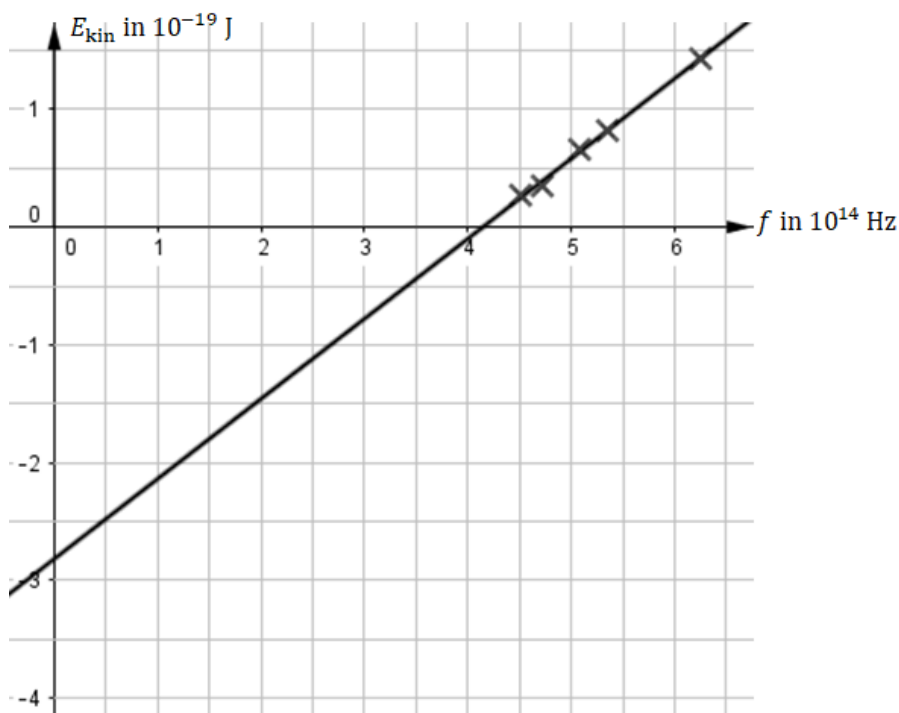
M3: $n - I$ - Diagramm für die von einer Solarzelle erzeugte Stromstärke I bei verschiedener Anzahl n an Graufiltern bei festem Abstand zur LED, die grünes Licht emittiert.



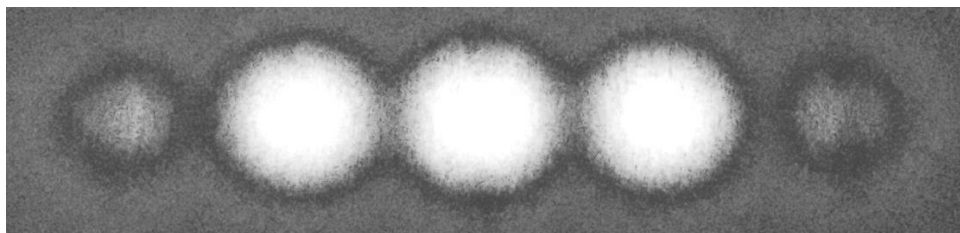
M4: Schematische Darstellung der Vakuum-Fotozelle.

Wellenlänge λ in nm	480	560	590	635	665
Spannung U in V	0,89	0,51	0,41	0,22	0,17
Frequenz f in 10^{14} Hz	6,25	5,35	5,08		4,51
Energie E_{kin} in 10^{-19} J	1,43	0,82	0,66		0,27

M5: Messwerte für die Spannungen U bei Beleuchtung mit verschiedenen Wellenlängen λ und daraus berechnete Werte für die Frequenz f des Lichts und die kinetische Energie der Elektronen E_{kin} .



M6: f - E_{kin} – Diagramm.



M7: Typisches Interferenzbild bei Beleuchtung eines Doppelspalts mit einem Laser.



M8: Interferenzbild mit Maßstab in cm. Der Abstand zwischen Gitter und Schirm beträgt 0,85 m und die Wellenlänge des Lasers 633 nm.

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung