

Zentralabituraufgabe 2008

Leistungskurs Physik

Aufgabenteil G1: Äußerer lichtelektrischer Effekt



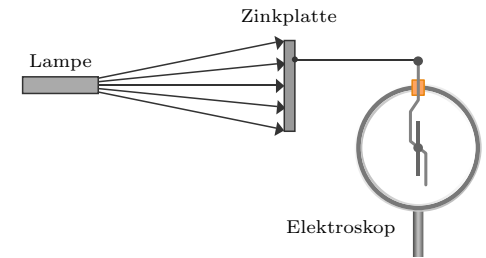
Diese Aufgabe basiert auf einer Zentralabituraufgabe des Landes Sachsen-Anhalt. Die Originalversion ist im Downloadbereich für Abituraufgaben auf dem Bildungsserver Sachsen-Anhalt unter der Lizenz *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike* verfügbar.

Dieses Dokument wurde vom Abi-Physik Team erstellt. Weitere Informationen:

www.abi-physik.de/materialien

1 Grundlagen

In einem Aufsatz mit dem Titel „Über die Strahlung des Lichtbogens“ schrieb Wilhelm Hallwachs Ende des 19. Jahrhunderts über Experimente mit bestrahlten Metallplatten. Im Jahr 1887 wurde das klassische und auch nach ihm benannte Experiment zum äußeren lichtelektrischen Effekt durchgeführt. Er bestrahlte dabei eine kurz zuvor geladene polierte Zinkplatte mit Licht und beobachtete ein angeschlossenes, gut geerdetes Elektroskop (Bild 1).



- a) Einige Experimente zum äußeren lichtelektrischen Effekt werden von zwei Schülern an einem Projekttag in abgewandelter Form noch einmal durchgeführt. Vorher schreiben sie sich die Durchführungen von sechs Telexperimenten auf.
- a) Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit dem Licht einer handelsüblichen Infrarotlampe bestrahlt.
 - b) Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit grünem Filterlicht bestrahlt.
 - c) Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit dem ultravioletten Licht einer Quecksilberhochdrucklampe bestrahlt.
 - d) Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit dem Licht einer Quecksilberhochdrucklampe bestrahlt, wobei sich eine Glasplatte zwischen Lampe und Platte befindet.
 - e) Das Telexperiment (3.) wird wiederholt, aber der Abstand zwischen Lampe und Zinkplatte wird deutlich vergrößert.
 - f) Die Zinkplatte wird positiv aufgeladen und anschließend mit dem Licht einer Quecksilberhochdrucklampe bestrahlt.

Notieren Sie die zu erwartenden Beobachtungen am Elektroskop für die einzelnen Telexperimente. Begründen Sie Ihre Aussagen mithilfe des äußeren lichtelektrischen Effekts.

- b) Zur genaueren Untersuchung des Fotoeffektes werden u. a. Vakuumfotозellen eingesetzt. Es soll davon ausgegangen werden, dass bei den Experimenten monochromatisches Licht verwendet wird.

Beschreiben Sie anhand einer Skizze den Aufbau, die Durchführung und die Auswertung eines Experiments, mit welchem die kinetische Energie der schnellsten Photoelektronen bestimmt werden kann.

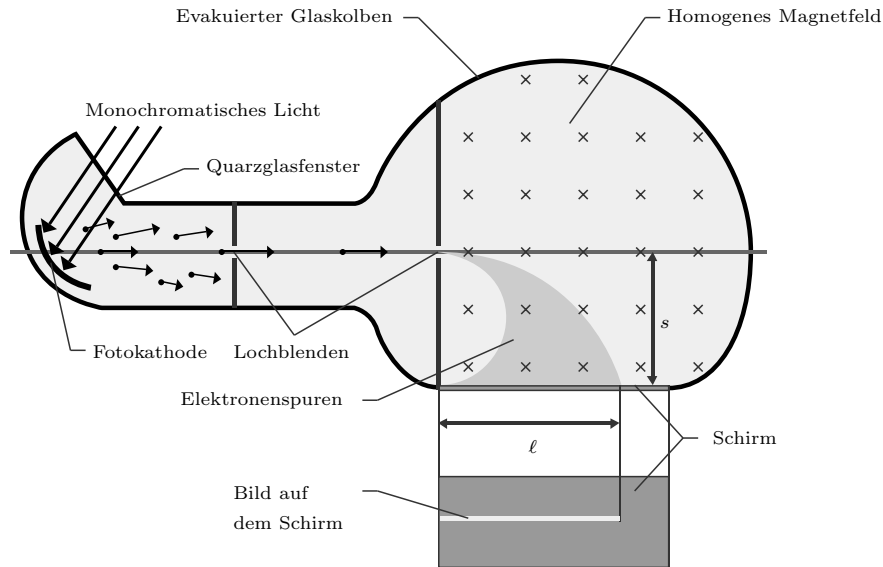
- c) Die Katode einer Vakuumfotозelle ist mit Kalium bedampft ($W_A = 2,0 \text{ eV}$). Unter Verwendung eines Filters wird diese Katode mit monochromatischem Licht der Wellenlänge $\lambda = 400 \text{ nm}$ bestrahlt.

Berechnen Sie die kinetische Energie und die Geschwindigkeit der energiereichsten Photoelektronen.

Begründen Sie, dass die Geschwindigkeitsberechnung auf klassischem Weg erfolgen kann.

2 Anwendungen

In einem anderen Experiment wird eine evakuierte Röhre (Bild 2) für weitere Untersuchungen zum Fotoeffekt genutzt. Hierbei trifft monochromatisches Licht hoher Intensität auf die Fotokathode. Ein Teil der freigesetzten Fotoelektronen gelangt über zwei Lochblenden in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte B und wird auf dem Schirm sichtbar. Dieser ist $s = 4,0 \text{ cm}$ von der Mittelebene entfernt. Die für die auf dem Schirm auftreffenden Elektronen eingezeichneten Spuren sind in der Realität nicht sichtbar. Das Bild auf dem Schirm ist eine Linie, deren Länge ℓ von der Farbe des einfallenden Lichtes abhängig ist.



- Erklären Sie das Zustandekommen der Linie auf dem Schirm.
- Sind die magnetische Flussdichte B und der Radius $r_{\max}$ des äußeren Kreises der Elektronenspur bekannt, und werden die Masse m sowie die Ladung e der Fotoelektronen als konstant vorausgesetzt, so kann daraus die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen mit der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$E_{\text{kin,max}} = \frac{e^2 \cdot B^2 \cdot (r_{\max})^2}{2 m}$$

Leiten Sie diese Gleichung her.

Zeigen Sie, dass für diese Anordnung gilt: $r_{\max} = \frac{\ell^2 + s^2}{2 s}$

- Bei einer konkreten Versuchsreihe wird mit einer Flussdichte von $B = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ gearbeitet. Die zu vorgegebenen Frequenzen f experimentell ermittelten Längen ℓ sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

f in 10^{14} Hz	6,8	7,1	7,4	7,7
ℓ in cm	1,5	2,4	3,0	3,4

Berechnen Sie für die einzelnen Frequenzen die kinetischen Energien der schnellsten Fotoelektronen.

Stellen Sie die Werte in einem $E_{\text{kin,max}}(f)$ -Diagramm graphisch dar.

Bestimmen Sie die Grenzfrequenz, die Austrittsarbeit für die verwendete Fotokathode und das Planck'sche Wirkungsquantum.

(Ergebnis zur Kontrolle: $W_A \approx 2,5 \text{ eV}$)

- Ermitteln Sie das Frequenzintervall, für welches aus der Katode zwar Elektronen emittiert werden, aber auf dem Schirm noch kein Bild entsteht.
- Entscheiden Sie, wie sich die Länge ℓ des Bildes auf dem Schirm verändern würde, wenn man bei ein und derselben Lichtfarbe...
 - ...die Flussdichte bei Benutzung der oben beschriebenen Röhre verkleinert.
 - ...bei gleicher Flussdichte die ursprüngliche Katode durch Caesium ersetzt.

Begründen Sie Ihre Entscheidungen.