

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald / Institut für Physik
Physikalisches Grundpraktikum

Praktikum für Physiker		
Versuch A1 : Fotoeffekt und PLANCKsches Wirkungsquantum		
Name:	Versuchsgruppe:	Datum:
Mitarbeiter der Versuchsgruppe:		lfd. Versuchs-Nr:

Aufgabe Bestimmen Sie unter Verwendung des äußeren lichtelektrischen Effekts das PLANCKsche Wirkungsquantum.

Physikalische Schwerpunkte des Versuches

- Natur des Lichtes
- Plancksche Wirkungsquantum
- äußerer lichtelektrischer Effekt
- Beschreibung des Experiments, Erzeugung des monochromatischen Lichtes, Messung der Spannung

Versuchsablauf

1. Messungen

Messen Sie die Potentialdifferenz U_G in Abhängigkeit von der Wellenlänge λ des verwendeten Lichtes.

2. Berechnungen und Auswertungen

Zeichnen Sie ein $U_G(\nu)$ -Diagramm. Ermitteln Sie aus dem Diagramm das Wirkungsquantum h , die Grenzwellenlänge λ_0 und die Austrittsarbeit W_a (und damit auch U_a). Schätzen Sie die Messunsicherheit ab.

3. Zusatzaufgabe

Bei welcher Grenzwellenlänge setzt der äußere lichtelektrische Effekt ein?

- a) bei Cäsium
- b) bei Eisen

Physikalische Grundlagen

Grundlage des Versuches ist der äußere lichtelektrische Effekt (Fotoeffekt). Das Experiment gestattet die Bestimmung der fundamentalen Naturkonstanten „Wirkungsquantum h “, die nach ihrer Einführung durch Max Planck im Jahr 1900 das klassische physikalische Weltbild revolutionierte und den Grundstein der Quantenphysik bildete.

Auf der Basis der neuen Vorstellungen über die quantenhafte Natur des Lichts erklärte Albert Einstein 1905 die Erscheinung des äußeren lichtelektrischen Effektes. Danach besteht Licht aus einzelnen Lichtwellenzügen (Lichtquanten oder Photonen) der Energie $E = h \nu = h c / \lambda$. Dabei bedeuten ν die Frequenz und λ die Wellenlänge. Bei Absorption eines Lichtquants durch ein Metall kann ein Elektron freigesetzt werden, wenn das Lichtquant über eine Mindestenergie verfügt. Die kinetische Energie W_{kin} eines freigesetzten Photoelektrons ergibt sich dabei aus der Differenz der Energie $h\nu$ des absorbierten Lichtquants und der Austrittsarbeit W_a des bestrahlten Materials:

$$W_{\text{kin}} = h \nu - W_a \quad (1)$$

Die Austrittsarbeit W_a ist also die Mindestenergie, die das Lichtquant haben muss, um ein Elektron aus dem Festkörper befreien zu können. W_a ist materialabhängig und spielt auch bei der Glühemission von Elektronen eine entscheidende Rolle.

Aus Gleichung (1) wird auch verständlich, daß die Energie der Photoelektronen durch die Frequenz (bzw. die Wellenlänge) des Lichts bestimmt wird. Die Strahlungsleistung (die "Lichtintensität") hat hingegen nur auf die Zahl der eventuell freigesetzten Photoelektronen Einfluss.

Als Lichtempfänger dient eine Vakuum-Fotozelle, die im vorliegenden Fall innen zur Hälfte mit einer Bleisulfidschicht belegt ist. Diese Schicht bildet die Fotokatode. Ihr gegenüber befindet sich eine ringförmige Anode. Die Fotozelle befindet sich in einem Gehäuse, das Störfelder fernhält. Die seitliche Lichteintrittsöffnung, die einen Tubus zum Aufstecken von Interferenzfiltern besitzt, ist durch eine Schiebeblende verschließbar; die Zustände "auf" und "zu" sind durch Symbole markiert.

Die aus der Katode freigesetzten Elektronen gelangen zur Anode und laden diese negativ auf, wodurch sich zwischen Anode und Katode eine Potentialdifferenz U_G aufbaut. Diese Potentialdifferenz erreicht nach kurzer Zeit einen Endwert, bei dem keine Photoelektronen das elektrische Gegenfeld mehr überwinden können. Dieser Endwert wird erreicht, wenn gilt:

$$W_{\text{kin}} = e_0 U_G \quad (2)$$

$e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$ As bezeichnet die Elementarladung.

Aus Gl. (1) folgt dann

$$e_0 U_G = h \nu - W_a \quad (3)$$

oder

$$U_G = h \nu / e_0 - W_a / e_0 \quad (4)$$

Aus dem Anstieg dieser Geraden (Diagramm: U_G über ν) lässt sich das Wirkungsquantum h bestimmen:

$$h = (\Delta U_G / \Delta \nu) e_0 \quad (5)$$

Ferner lässt sich aus der Grenzfrequenz ν_0 bzw. der Grenzwellenlänge λ_0 , bei der $U_G = 0$ ist, näherungsweise die Austrittsarbeit W_a des Katodenmaterials errechnen:

$$W_a = h \nu_0 = h c / \lambda_0 \quad (\text{in Joule}) \quad (6)$$

oder

$$U_a = W_a / e_0 \quad (\text{in Volt, "Voltäquivalent"}) \quad (7)$$

Versuchsaufbau und -Durchführung

Als Lichtquelle dient eine Quecksilberspektrallampe Hg 100, die in einer Experimentierleuchte untergebracht ist. Sie darf nur über ein spezielles Vorschaltgerät "Drossel für Spektrallampen" betrieben werden! Der Netzschalter befindet sich an der Rückseite des Drosselgehäuses.

Vorsicht! Im Betrieb wird die Leuchte relativ heiß. Außerdem enthält die Strahlung UV-Anteile, die die Augen schädigen können! Sie ist nur solange wie unbedingt nötig zu betreiben!

Lichtquelle und Fotozellegehäuse sind auf der Grundplatte magnetisch gehalten. Das Lichtbündel ist direkt auf die Fotokatode zu richten. Auf die Lichtaustrittsöffnung der Leuchte wird ein Wärmeschutzfilter aufgesteckt, auf den Tubus am Fotozellegehäuse können wahlweise verschiedene Interferenzfilter zur Selektion definierter schmaler Wellenlängenbereiche aufgesteckt werden. Der koaxiale Ausgang der Fotozelle (BNC-Stecker) wird mit dem entsprechenden Eingang des hochohmigen Messverstärkers verbunden. Am Verstärker sind folgende Einstellungen zu benutzen:

- Eingangswahlschalter auf "Elektrometer",
- Verstärkung auf " 10^0 ",
- Zeitkonstante auf "0".

Als Anzeigeelement dient ein Voltmeter. Der Pluspol ist mit der gelben Buchse am Verstärker zu verbinden.

Anmerkung: Das bei den früher verwendeten Alkalifotozellen erforderliche, wiederholte Ausheizen der Anode entfällt durch die Verwendung der PbS-Zelle. Dadurch vereinfacht sich das Experimentieren und gleichzeitig erhöht sich die Stabilität der Messdaten. Die PbS-Fotozelle hat darüber hinaus eine längere Lebensdauer.

Beim Messen der Spannung U_G muß nach jedem Filterwechsel der Eingang des Messverstärkers "entladen" werden (\rightarrow Taster "Entladen" am Verstärker). Dies bewirkt einen Potentialwert Null am Eingang des Verstärkers und ebenso eine Ausgangsspannung Null.

Die über der Frequenz $\nu = c/\lambda$ des benutzten Lichtes aufgetragene Spannung U_G ergibt eine Gerade, aus der mittels der Gl. (5), (6) und (7) die gesuchten Größen Wirkungsquantum h , Grenzwellenlänge λ_0 und Austrittsarbeit W_a bzw. deren Voltäquivalent U_a bestimmt werden können.