

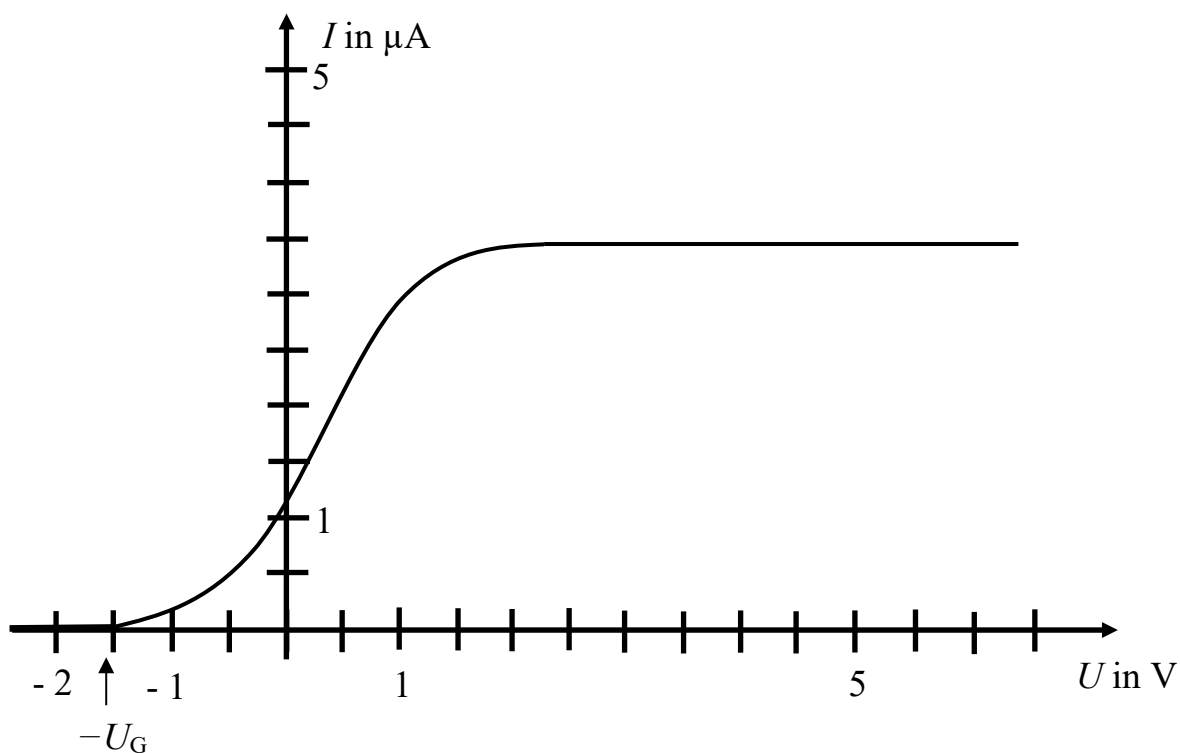
**Fotoeffekt – Theorie und Anwendungen****Aufgaben**

- 1 Zur Beobachtung des Fotoeffekts wird eine negativ geladene Platte mit Cäsiumbeschichtung (Austrittsenergie  $E_A = 1,7 \text{ eV}$ ) jeweils mit Licht unterschiedlicher Wellenlängen beleuchtet. Unter anderem wird im Falle einer Entladung beobachtet, dass diese auch bei geringer Lichtintensität ohne Zeitverzögerung einsetzt. Diese Beobachtung ist nicht mit dem Wellenmodell des Lichts zu vereinbaren.
- 1.1 Nennen Sie eine weitere Beobachtung, die nicht mit dem Wellenmodell zu vereinbaren ist, und erläutern Sie den Widerspruch. (4 BE)
- 1.2 Nach der klassischen Physik ist zu erwarten, dass die in der Platte gebundenen Elektronen die Lichtenergie so lange „sammeln“, bis sie aus der Platte austreten können. Zur Bestimmung der klassisch zu erwartenden Zeit  $t_A$  vom Bestrahlungsbeginn bis zur Auslösung eines Elektrons soll Folgendes angenommen werden:  
Die Lichtquelle besitzt eine Leistung von  $P = 10 \text{ W}$  und strahlt gleichmäßig in alle Raumrichtungen. Die geladene Platte befindet sich in  $1 \text{ m}$  Entfernung von der Lichtquelle und das Licht trifft senkrecht zur Platte auf diese auf. Nur  $5 \%$  der auf die Cäsiumschicht einfallenden Energie trägt zum Herauslösen der Elektronen bei. Die bestrahlte Fläche jedes Cäsiumatoms ist eine Kreisfläche mit einem Radius von  $1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .  
Berechnen Sie das Verhältnis zwischen dieser Kreisfläche und der Oberfläche einer Kugel mit dem Radius  $1 \text{ m}$  und zeigen Sie mithilfe des Ergebnisses, dass die nach der klassischen Physik zu erwartende Zeit  $t_A$  etwa  $3,6$  Minuten beträgt. (6 BE)
- 2 Zur Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums  $h$  wird der Versuch zum Fotoeffekt nach der Gegenfeldmethode durchgeführt. Dabei wird der Zusammenhang zwischen der Wellenlänge  $\lambda$  des eingestrahnten Lichts und dem Betrag der Gegenspannung  $U_G$ , ab der kein Strom mehr zwischen Fotokathode und Ringanode gemessen wird, untersucht. Die Ergebnisse einer Versuchsreihe sind in Material 1 dargestellt.
- 2.1 Skizzieren und beschriften Sie einen Versuchsaufbau, der zur Bestimmung von  $h$  mit der Gegenfeldmethode geeignet ist. Dabei soll die Skizze eine Fotokathode, eine Ringanode, das einfallende Licht und die Messgeräte enthalten. (4 BE)
- 2.2 Bestimmen Sie in Material 1 die fehlenden Werte für die Frequenz  $f$  des Lichts und die maximale Energie der Fotoelektronen  $E_{\text{el}}$ . Zeichnen Sie ein  $f$ - $E_{\text{el}}$ -Diagramm und zeichnen Sie eine Ausgleichsgerade einschließlich der Schnittpunkte mit den Koordinatenachsen ein. (7 BE)
- 2.3 Erläutern Sie, wieso die Datenpunkte im Diagramm theoretisch exakt auf einer Geraden liegen müssen, und geben Sie die physikalische Bedeutung des Schnittpunkts dieser Geraden mit der vertikalen Achse an. Ermitteln Sie mithilfe der Ausgleichsgerade aus Aufgabe 2.2 einen Wert für das Planck'sche Wirkungsquantum. (5 BE)

- 2.4 Wenn der Versuch häufig durchgeführt wird, überzieht sich die Oberfläche der Ringanode mit dem Material der Fotokathode. Erläutern Sie, warum die Ringanode während der Versuchsdurchführung daher nicht vom einfallenden Licht getroffen werden sollte. (2 BE)
- 2.5 Material 2 zeigt die sogenannte Kennlinie einer Fotozelle bei Bestrahlung mit monochromatischem Licht der Wellenlänge  $\lambda$ . Die Kennlinie gibt die Stromstärke in Abhängigkeit von der angelegten Spannung wieder. Dabei wird das Vorzeichen der Spannung durch Umpolung während der Aufnahme der Kennlinie geändert.
- 2.5.1 Erläutern Sie die Auswirkungen der unterschiedlichen Vorzeichen der angelegten Spannung auf den Fotostrom. (4 BE)
- 2.5.2 Untersuchen Sie die Auswirkung der veränderten Versuchsdurchführung in den Fällen a) und b) und die theoretische Auswirkung der Annahme in Fall c) auf die Kennlinie in Material 2.
- a) Die Kennlinie wird mit Licht einer kleineren Wellenlänge aufgenommen. Die Anzahl der pro Sekunde auf die Kathode treffenden Photonen ändert sich nicht.
  - b) Die Kennlinie wird mit Licht der gleichen Wellenlänge aufgenommen, die Anzahl der pro Sekunde auf die Kathode treffenden Photonen ist höher als zuvor.
  - c) Für den Versuch mit gleicher Wellenlänge und gleicher Photonenanzahl soll angenommen werden, dass alle Fotoelektronen beim Austritt aus der Kathode die gleiche maximale kinetische Energie besitzen und direkt auf die Ringanode fliegen. (6 BE)
- 3 Bildverstärker machen schwach leuchtende Gegenstände auf einem Leuchtschirm sichtbar. Der schematische Aufbau eines Bildverstärkers ist in Material 3 dargestellt, die Funktion wird allgemein erläutert und es werden spezielle Werte für den im Folgenden betrachteten Bildverstärker angegeben.
- 3.1 Prüfen Sie, ob die Fotokathode des Bildverstärkers geeignet ist, Licht mit Wellenlängen über 800 nm nachzuweisen. (4 BE)
- 3.2 Das Licht der Wellenlänge 700 nm, das von einem weit entfernten Objekt ausgestrahlt wird, trifft mit einer Leistung von 1 nW senkrecht zu ihrer Oberfläche auf die Fotokathode. Berechnen Sie die Anzahl der pro Sekunde aus der Kathode ausgelösten Fotoelektronen unter der Annahme, dass nur jedes zehnte Photon ein Elektron auslöst. (4 BE)
- 3.3 Ein einzelnes an der Fotokathode ausgelöstes Elektron führt in der Mikrokanalplatte zu einer lawinenartigen Vermehrung von Elektronen. Bestimmen Sie unter der Verwendung der Daten aus Material 3 die maximale Anzahl der Elektronen, die pro einfallendes Elektron die Mikrokanalplatte verlassen. (4 BE)

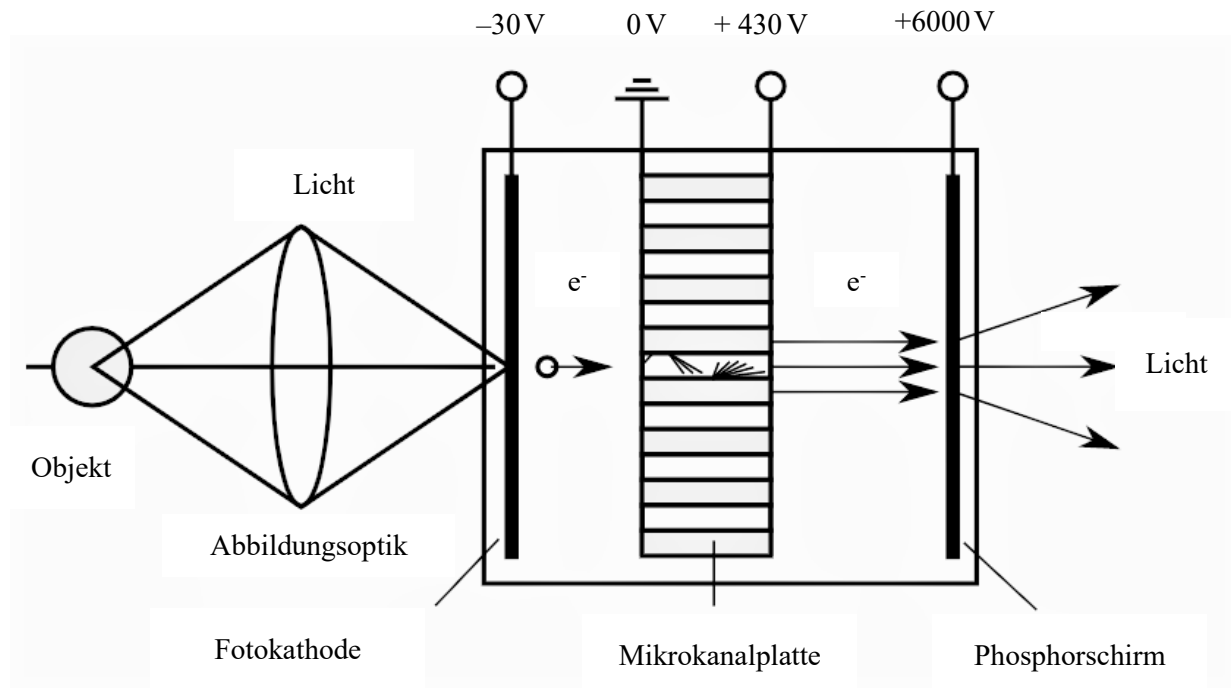
**Material 1****Messwerte der Versuchsreihe**

$\lambda$ in nm	491	436	420	405
$f$ in Hz				
$U_G$ in V	0,120	0,450	0,550	0,660
$E_{\text{el}}$ in eV				

**Material 2****Kennlinie einer Fotozelle**

## Material 3

## Schematischer Aufbau und Funktion eines Bildverstärkers



URL: <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Datei:PrinzipBildverstaerkung1.svg> (abgerufen am 08.04.2022).

Das Objekt wird mithilfe einer Optik auf eine Fotokathode abgebildet, die eine Austrittsenergie von 1,3 eV besitzt. Auf der Kathode werden an jedem beleuchteten Punkt Elektronen ausgelöst. Diese werden zwischen Kathode und Anode (Phosphorschirm) durch eine angelegte Spannung beschleunigt. Auf dieser Beschleunigungstrecke liegt eine Mikrokanalplatte, die von mikroskopisch kleinen Kanälen durchsetzt ist, die leicht schräg zur Einfallsrichtung der Elektronen stehen. Dadurch treffen die Elektronen beim Durchfliegen der Mikrokanalplatte mehrmals die Kanalwand und lösen dort weitere Elektronen aus. Diese werden dann ebenfalls beschleunigt.

Vereinfacht nehmen wir an, dass Elektronen, die eine Bewegungsenergie unter 30 eV besitzen, keine Energie an die Kanalwand abgeben. Sobald ein Elektron aber eine Bewegungsenergie von 30 eV erreicht hat, wird seine gesamte Energie an ein Elektron in der Kanalwand abgegeben, das sich dadurch aus der Kanalwand löst. Beide Elektronen werden dann aus der Ruhe beschleunigt, bis sie bei einer Energie von 30 eV jeweils wieder ein Elektron auslösen.