

Quantenobjekte und ihre Eigenschaften

Zu den Quantenobjekten, mit denen sich die Quantenphysik beschäftigt, gehören Elektronen, Photonen, Neutronen und Protonen, aber auch Atome und Moleküle.

Im Unterschied zu den uns umgebenden makroskopischen Körpern gilt für die Quantenobjekte:

- Quantenobjekte bewegen sich nicht auf Bahnen.
- Quantenobjekte sind keine kleinen Kügelchen.
- Bei Quantenobjekten treten Teilchen- und Welleneigenschaften auf.

Quanten- objekte

haben etwas **Welliges**, was ihre Ausbreitung bestimmt und z. B. auch Interferenz bewirkt.

haben etwas **Körniges** oder **Teilchenhaftes**, was sich z. B. bei einer Ortsmessung zeigt.

haben etwas **Stochastisches**, was keine Aussage über das Verhalten eines einzelnen Quantenobjekts erlaubt, wohl aber Wahrscheinlichkeitsaussagen für eine große Anzahl von Quantenobjekten.

Das Elektron

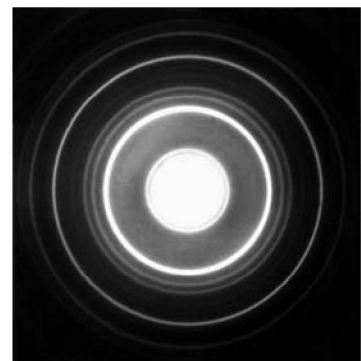
ist als klassisches Teilchen beschreibbar.

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

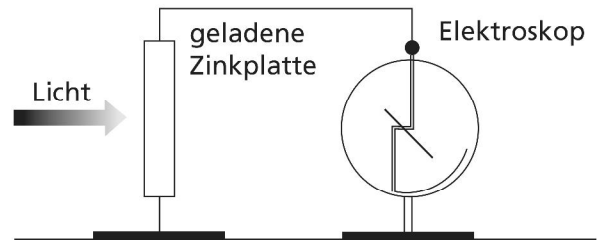
Es besitzt eine bestimmte Geschwindigkeit und damit kinetische Energie.

zeigt auch Welleneigenschaften.
Es treten Beugung und Interferenz auf.



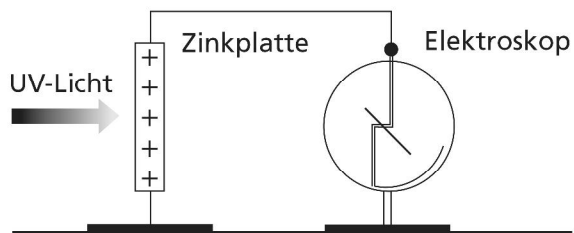
Der Fotoeffekt

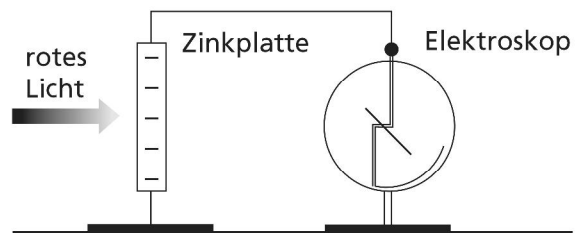
1. Zur Untersuchung des Fotoeffekts wird die skizzierte Versuchsanordnung genutzt. Beschreiben Sie anhand der Skizze den Versuchsaufbau und den Ablauf des Versuchs!

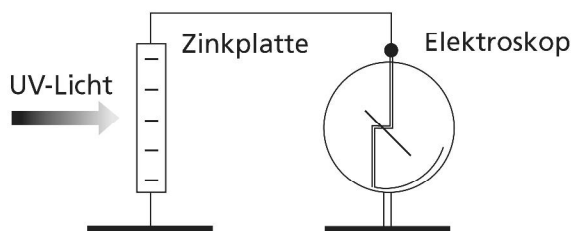


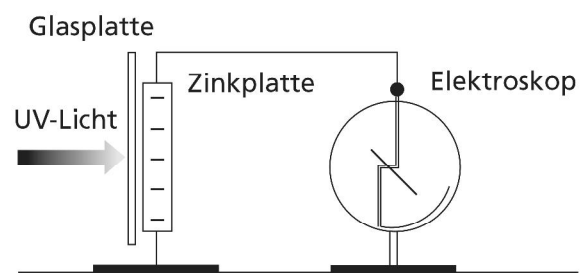
Erwartung für den Versuch:

2. Führen Sie die folgenden Experimente durch und beschreiben Sie jeweils das Ergebnis!







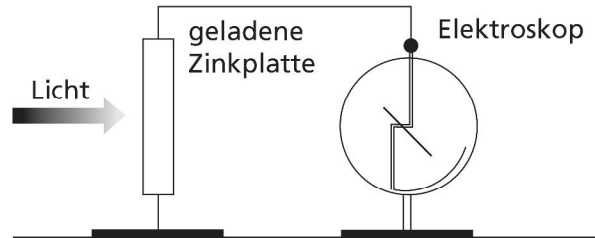


Ergebnis: Rotes Licht vermag auch bei _____ aus einer Zinkplatte _____
Elektronen abzulösen. Mit UV-Licht _____ diese Ablösung auch bei _____ Intensität.

Der Fotoeffekt

1. Zur Untersuchung des Fotoeffekts wird die skizzierte Versuchsanordnung genutzt. Beschreiben Sie anhand der Skizze den Versuchsaufbau und den Ablauf des Versuchs!

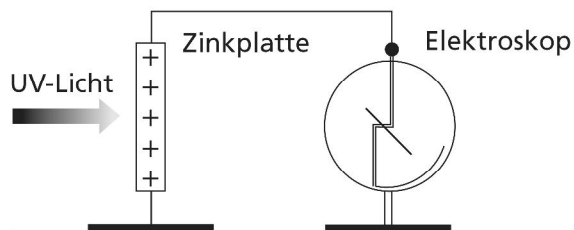
Eine positiv bzw. negativ geladene Zinkplatte
wird mit unterschiedlichem Licht bestrahlt.
Die Ladung der Platte wird vom Elektroskop
angezeigt.



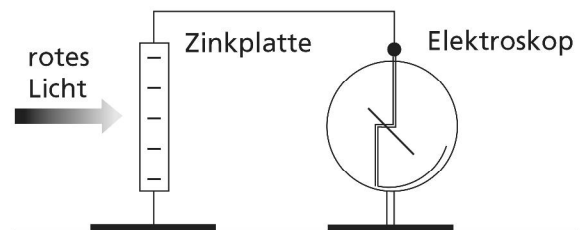
Erwartung für den Versuch:

Licht kann Energie an die Elektronen einer Metalloberfläche in kontinuierlichen Beträgen abgeben. Rotes Licht wird bei hinreichender Intensität die Energie für die Ablösung von Elektronen liefern.

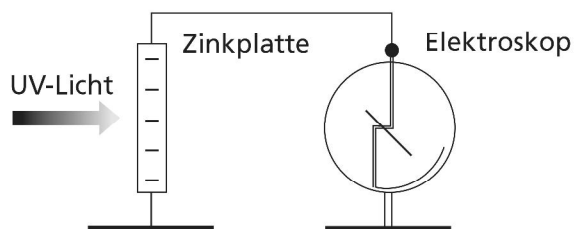
2. Führen Sie die folgenden Experimente durch und beschreiben Sie jeweils das Ergebnis!



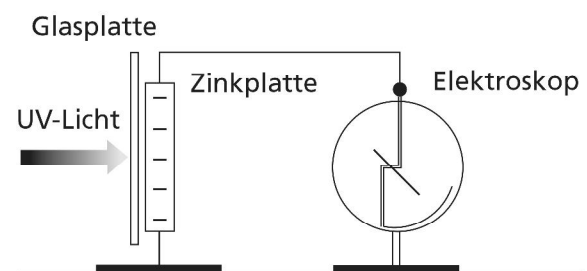
Zinkplatte wird nicht entladen.



Zinkplatte wird nicht entladen.



Zinkplatte wird entladen.

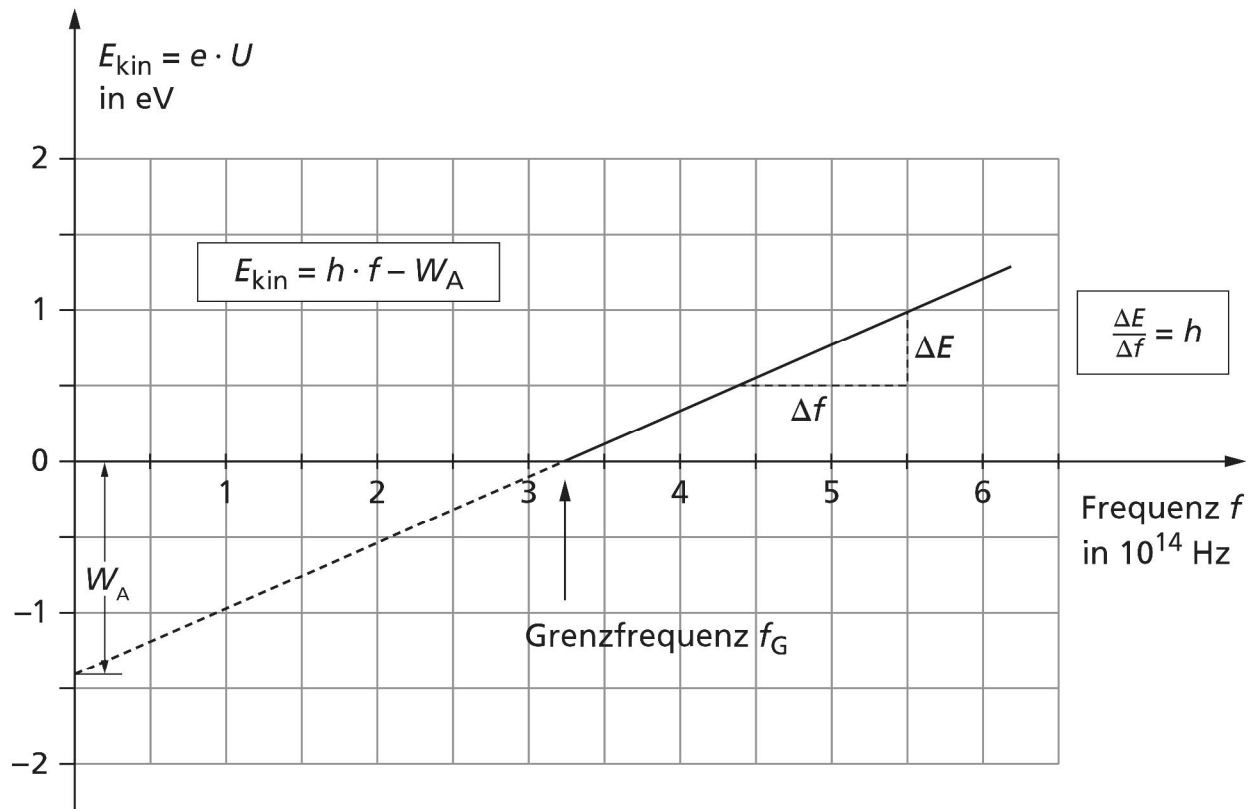


Zinkplatte wird nicht entladen.

Ergebnis: Rotes Licht vermag auch bei hoher Intensität aus einer Zinkplatte keine Elektronen abzulösen. Mit UV-Licht gelingt diese Ablösung auch bei geringer Intensität.

Der äußere lichtelektrische Effekt

Die Erscheinung, dass aus der Oberfläche eines Körpers bei Bestrahlung mit Licht Elektronen austreten können, wird als äußerer lichtelektrischer Effekt bezeichnet.



- Die Steigung des Graphen ist das plancksche Wirkungsquantum h .
- Der Schnittpunkt des Graphen mit der Abszissenachse ist die Grenzfrequenz f_G .
- Der Schnittpunkt des Graphen mit der Ordinatenachse ergibt den Betrag der Ablösearbeit W_A .

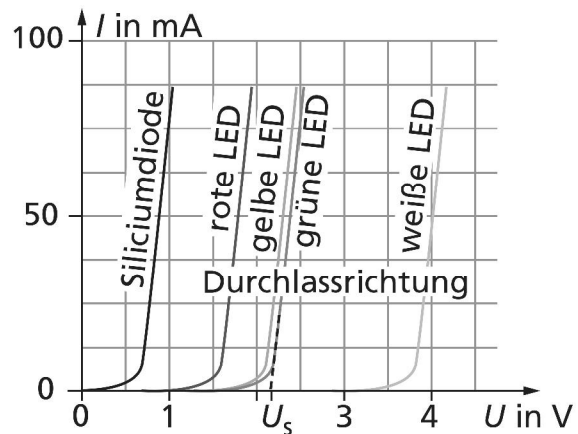
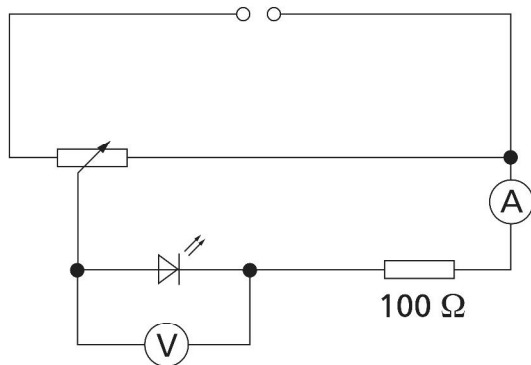
Die Energiebilanz beim äußeren lichtelektrischen Effekt lautet:

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

- h plancksches Wirkungsquantum ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)
 f Frequenz des eingestrahnten Lichts
 W_A Austrittsarbeit (Materialkonstante)
 E_{kin} kinetische Energie der herausgelösten Elektronen

h -Bestimmung mit Leuchtdioden (LEDs)

Leuchtdioden sind spezielle Dioden, die in Durchlassrichtung betrieben werden. Sie senden Licht aus, wenn eine bestimmte Mindestspannung U_S anliegt. Ursache für die Energieabgabe ist die Rekombination von Löchern und beschleunigten Elektronen im Halbleiter. Experimentell kann man die Kennlinien von Leuchtdioden aufnehmen.



- Aus den Kennlinien ergibt sich die zum Betrieb erforderliche Mindestspannung U_S .
- Die Wellenlänge des Lichts kann den Daten des Herstellers entnommen oder experimentell bestimmt werden.
- Die Frequenz des Lichts ergibt sich mit $f = \frac{c}{\lambda}$.

Schaltbrett mit Leuchtdioden	λ in nm	f in 10^{14} Hz	U_S in V
	480	6,25	2,60
	560	5,35	2,20
	590	5,08	2,10
	635	4,72	1,95
	665	4,51	1,85
	950	3,16	1,31

Für die Energiebilanz bei der Spannung U_S ergibt sich:

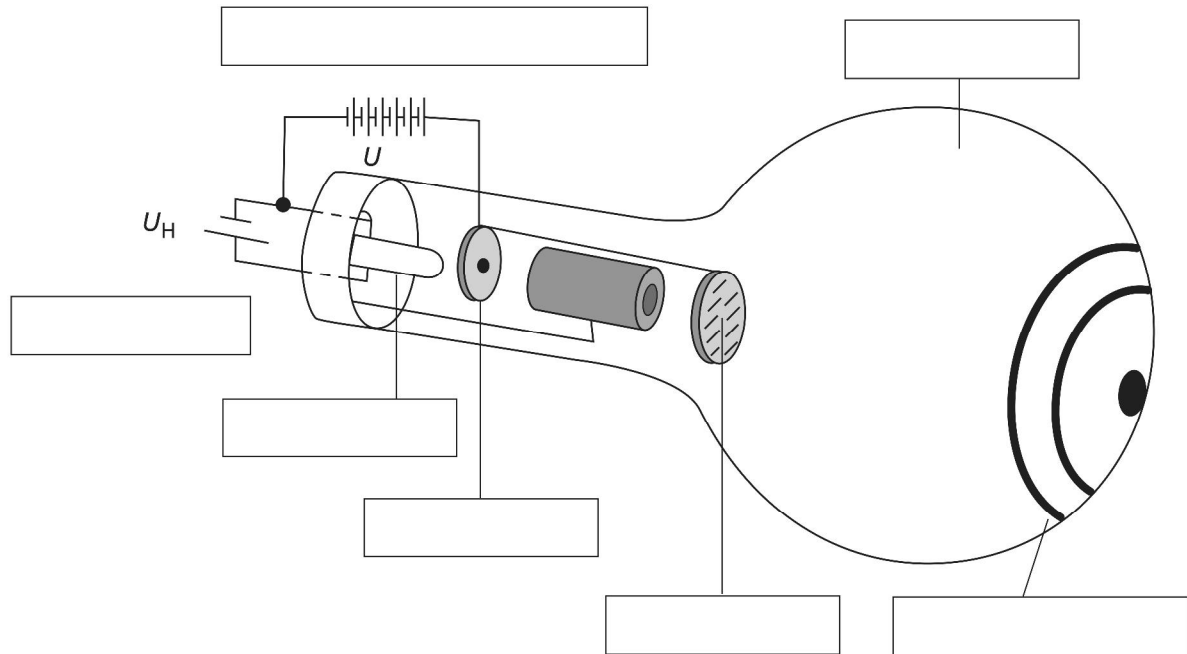
Energie des Elektrons = Energie des abgestrahlten
im Halbleiter Photons

$$e \cdot U_S = h \cdot f$$

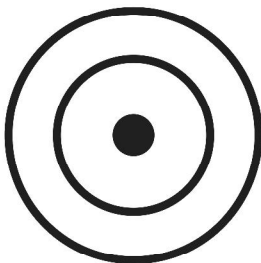
Mithilfe dieser Gleichung kann bei bekanntem e , U_S und f das plancksche Wirkungsquantum h berechnet werden.

Die Elektronenbeugungsröhre

1. Die Skizze zeigt eine Elektronenbeugungsröhre. Beschriften Sie diese Skizze!



2. Auf dem Schirm kann man Ringe erkennen. Ergänzen Sie die nachfolgenden Sätze!



Das Muster wird von den Elektronen erzeugt. Dafür sprechen die folgenden Ergebnisse bei der Durchführung des Experiments:

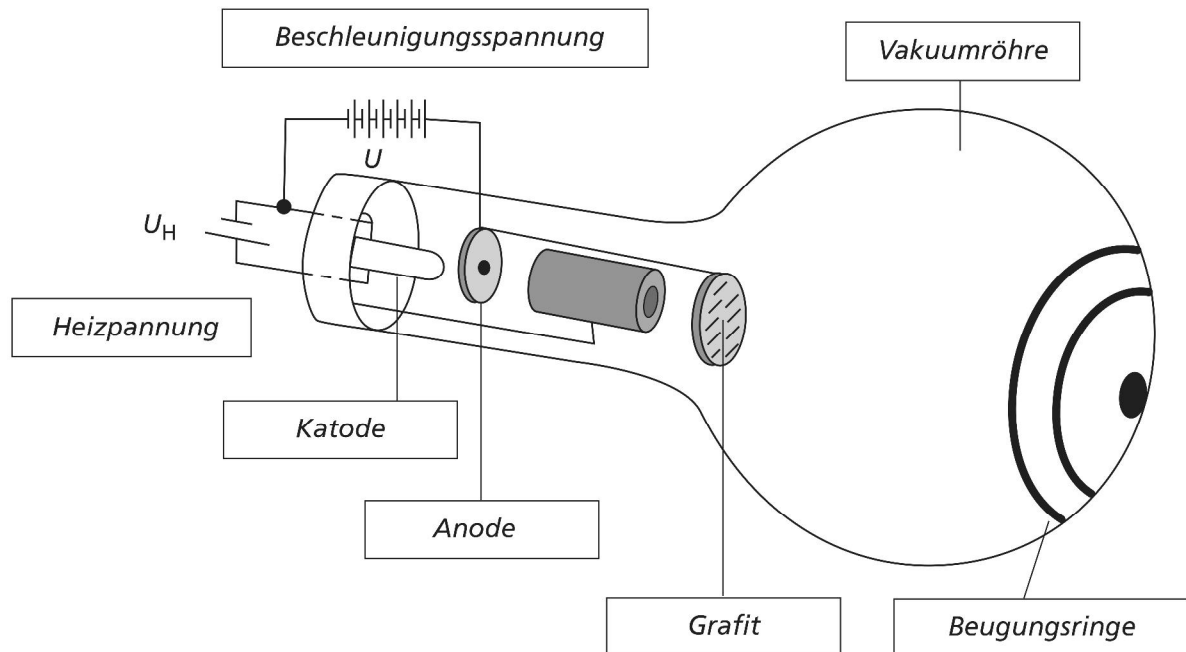
- Erhöht man die Beschleunigungsspannung, so werden die Durchmesser der Kreise _____.
- Bringt man einen Magneten in die Nähe des Beugungsmusters, so wird die Ringstruktur _____.

3. Im Ergebnis der Untersuchungen kann man formulieren:

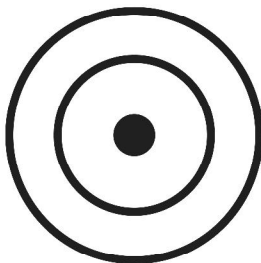
Elektronen besitzen auch _____. Elektronen kann eine _____ zugeordnet werden, die von der _____ und damit von der _____ abhängt.

Die Elektronenbeugungsröhre – Lösung

1. Die Skizze zeigt eine Elektronenbeugungsröhre. Beschriften Sie diese Skizze!



2. Auf dem Schirm kann man Ringe erkennen. Ergänzen Sie die nachfolgenden Sätze!



Das Muster wird von den Elektronen erzeugt. Dafür sprechen die folgenden Ergebnisse bei der Durchführung des Experiments:

- Erhöht man die Beschleunigungsspannung, so werden die Durchmesser der Kreise kleiner.
- Bringt man einen Magneten in die Nähe des Beugungsmusters, so wird die Ringstruktur seitlich versetzt.

3. Im Ergebnis der Untersuchungen kann man formulieren:

Elektronen besitzen auch Welleneigenschaften. Elektronen kann eine Wellenlänge zugeordnet werden, die von der Beschleunigungsspannung und damit von der Geschwindigkeit der Elektronen abhängt.