

PHYSIK 12: Atom- und Kernphysik

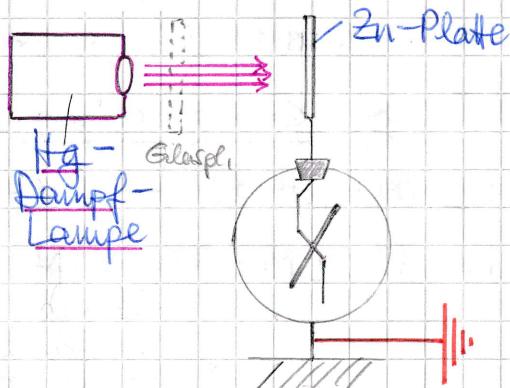
Kapitel 1: Eigenschaften von Quantenobjekten

1.1 Teilchencharakter von Licht - Photonen

1.1.1 Der Photoeffekt

V1 Qualitative Untersuchung: Versuche von Hallwachs (GER, 1859-1922)

Eine auf einem Elektroskop befestigte Zinkplatte wird (zunächst frisch abgeschmiedet, dann) elektrostatisch aufgeladen und mit einer Quecksilberdampflampe beleuchtet:



- Bei positiv aufgeladener Zinkplatte ist keine Auswirkung des ungefilterten „Hg-Lichts“ festzustellen
- Bei negativ aufgeladener Zn-Platte setzt sofort eine Entladung ein.
- Bringt man eine Glasplatte zwischen Hg-Lampe und (negativ geladene) Zn-Platte, erfolgt keine Entladung —
ohne Glasplatte ebenso wie bei der Verwendung von Gleichlicht statt Hg-Licht

qualitative Deutung des Experiments: (genauer \rightarrow vgl. 1.1.2)

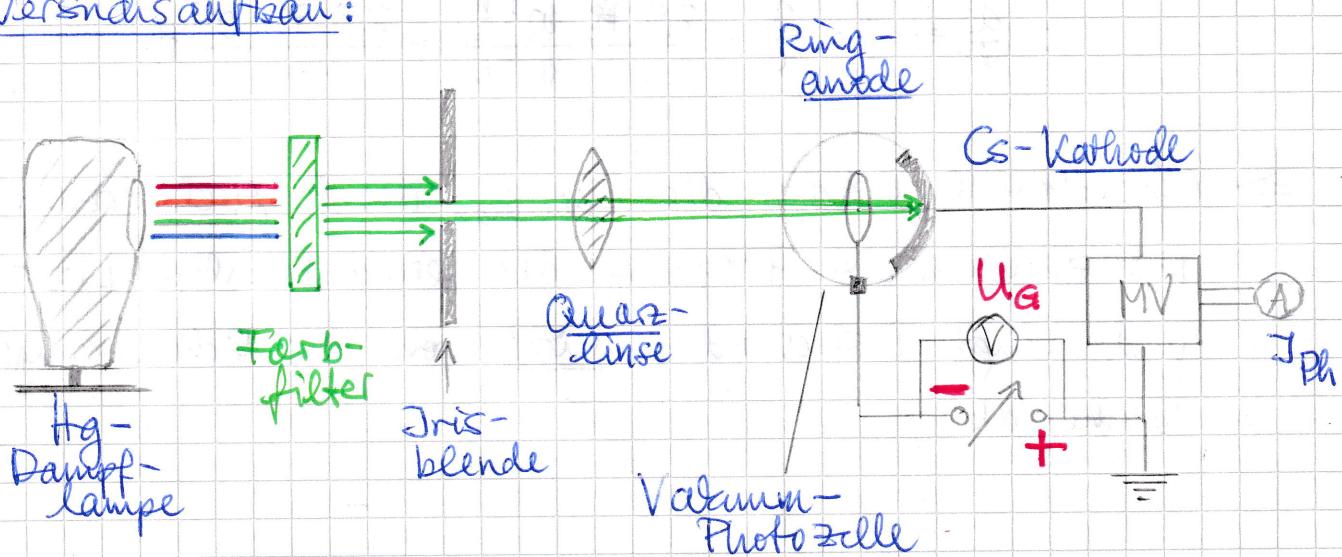
1. Das Licht der Hg-Dampflampe ist in der Lage, aus der Zn-Platte Elektronen heraus zu lösen. Dieses Phänomen heißt lichtelektrischer Effekt bzw. (äußerer) Photoeffekt; die aus dem Metall "befreiten" Elektronen werden Photo-elektronen genannt — ihre Bewegung Photostrom
 2. Bei höherer Belichtungsstärke des Hg-Lichts steigt der Photostrom an, da (noch) mehr Elektronen herausgelöst werden.
 3. Bei Zink ist nur UV-Strahlung in der Lage, Photoelektronen herauszulösen, denn nur sie besitzt ausreichend Energie.
(Beweis: Glasplatte filtert UV!)
- ⇒ Wenn die Frequenz des eingestrahlten Lichts kleiner ist als eine bestimmte, materialabhängige Grenzfrequenz f_g , können keine Photoelektronen ausgelöst werden — insbesondere auch dann nicht, wenn die Lichtintensität sehr hoch ist.

V2 Photoeffekt qualitativ - die Gegenfeldmethode

Die Verwendung einer Vakuumphotozelle (mit einer Cäsium (Cs)-Legierung als Kathode) ermöglicht quantitative Rückschlüsse auf die Ekin der ausgelösten Photoelektronen, wobei

- ① der Störfaktor Luft eliminiert ist
- ② das gesamte (sichtbare) Spektrum des Hg-Lampe nutzbar ist, denn die Grenzfrequenz von Cs liegt im sichtbaren Bereich (im Gegensatz zu Zn: dort liegt fg im UV-Bereich).

Versuchsaufbau:



Die Photoelektronen aus der Cs-Kathode werden durch das elektrische Feld der Gegenspannung U_a abgebremst. Man steigert U_a so lange, bis der Photostrom J_{ph} gerade gleich Null wird. Dann entspricht nämlich die maximale kinetische Energie eines Photoelektrons nach dem Austritt aus der Cs-Kathode gerade der $E_{pot,el}$ im Gegenfeld:

$$E_{kin,max} \stackrel{!}{=} E_{pot,el} = q \cdot \Delta \varphi = e \cdot U_a$$

Anhand verschiedener Farbfilter wird jeweils die $E_{kin,max}$ der herausgelösten Photoelektronen bei unterschiedlichen Wellenlängen des eingeschalteten Lichts untersucht.

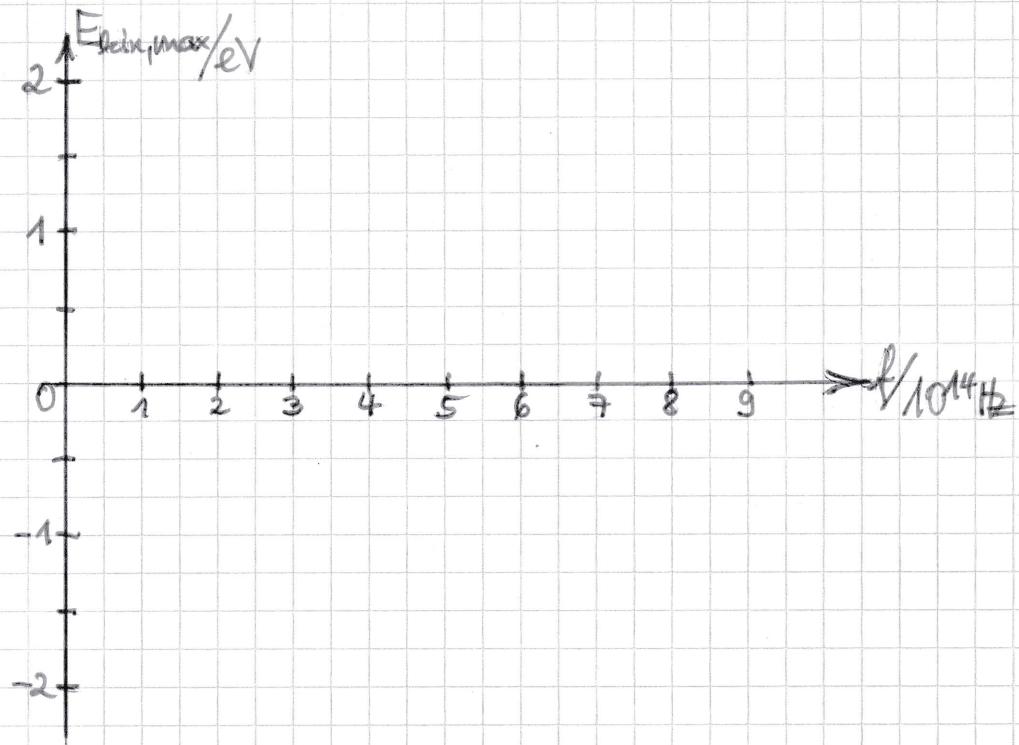
Ergebnis:

| Filte | Lichtfarbe | λ/nm | $f/10^{14}\text{Hz}$ | $U_a/V = E_{kin,max}/\text{eV}$ |
|-------|----------------|---------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1 | gelb | 578 | | |
| 2 | grün | 546 | | |
| 3 | blau (violett) | 436 | | |
| 4 | violett | 405 | | |
| 5 | ultraviolett | 366 | | |

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{29979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\dots \cdot 10^{-9} \text{m}} = 29979 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$$

⇒ Offensichtlich wächst die $E_{kin,max}$ der Photoelektronen mit zunehmender Frequenz des eingeschalteten Licht und hängt insbesondere nicht von der Belastungsstärke ab

Auf der Suche nach einem zugrunde liegenden Zusammenhang trägt man die $(f, E_{kin,max})$ -Wertpaare in ein entsprechendes f -E_{kin,max}-Diagramm ein:



Ergebnis:

Die Messwertpaare liegen in guter Näherung auf

Das Zustandekommen dieses Verlaufs wurde 1905 von Albert Einstein so überzeugend erklärt, dass er dafür im Jahr 1921 seinen Nobelpreis bekam.