

Versuch 23: Photoeffekt

Aufgabe

Es gilt die Bindungsenergie der Elektronen im Kalium und das Plank'sche Wirkungsquantum mit Hilfe des Photoeffektes zu bestimmen.

Theorie

Mit Hilfe des Photoeffekt lässt sich zeigen, dass Licht neben dem Wellencharakter auch Teilchencharakter besitzt. Hierzu lässt man Licht bestimmter Wellenlängen auf eine Kalium Photozelle einfallen, aus der sich dann Elektronen herauslösen. Dieser Vorgang ist vergleichbar mit dem Stoß zweier Kugeln.

Das Herauslösen der Elektronen kann man mit Hilfe eines Platindrahtes messen. Er ist am Ende der Photozelle gegenüber der Kaliumoberfläche angebracht, und fängt einige der herausgelösten Elektronen auf. Dadurch entsteht eine geringe Spannung, die nachdem man sie verstärkt hat, gemessen wird.

Diesen Elektronenübergang beobachtet man allerdings erst ab einer gewissen Wellenlänge. Vorher lösen sich keine Elektronen ab. Das liegt daran, dass die Bindungsenergie A , des Elektrons, an den Atomkern (= Ionisierungsenergie) überwunden werden muss. Das heißt, dass ein Lichtteilchen (Photon) mindestens diese Energie besitzen muss, um ein Elektron herauszulösen. Da die Energie eines Photons von der Frequenz ν abhängt ($E = h\nu$) gilt also:

$$E = h\nu = A + \frac{1}{2}mv^2$$

Die Intensität des Lichts spielt keine Rolle dabei, ob Elektronen herausgelöst werden oder nicht. Sie bestimmt lediglich die Anzahl der Elektronen die herausgelöst werden.

Um die einzelnen Komponenten der Energie zu berechnen, legt man eine Gegenspannung an, die so gerichtet ist, dass die Elektronen in Richtung der Kaliumoberfläche beschleunigt werden. Die angelegte Spannung entspricht der kinetischen Energie genau dann, wenn sie die Elektronen so stark abbremst, dass keine Spannung mehr am Platindraht messbar ist. Aus der Energie eines Photons und der Gegenspannung, also der kinetischen Energie, lassen sich dann folgendermaßen A und h berechnen:

$$E_{\text{Gegenspannung}} = E_{\text{kin}} = e_0 U = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow U = \frac{h}{e_0}\nu + \frac{A}{e_0}$$

In einem Graphen kann man h und A als Steigung und Y-Achsenabschnitt ablesen oder berechnen.

Wellenlängen und Frequenzen des emittierten Lichts der Quecksilberlampe:

Farbe	gelb	grün	blau	violett
λ [nm]	578	546	436	405
ν [s ⁻¹]	$5,187 \cdot 10^{14}$	$5,491 \cdot 10^{14}$	$6,876 \cdot 10^{14}$	$7,402 \cdot 10^{14}$

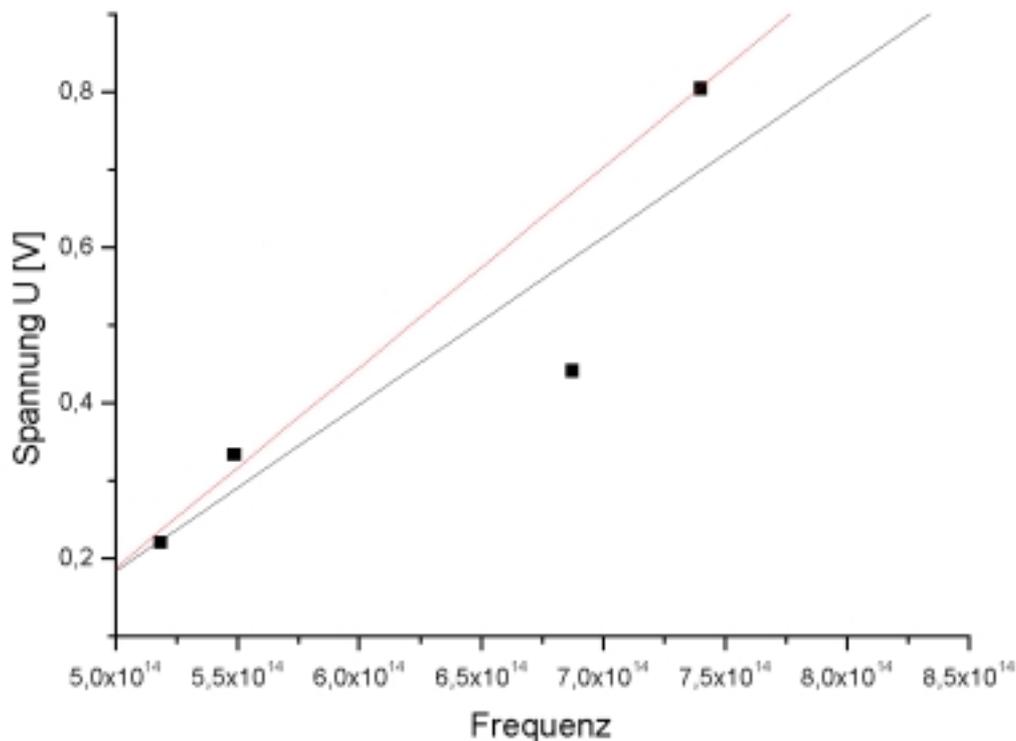
Versuchsdurchführung

Zuerst bündelt man das Licht einer Quecksilberlampe, so dass es genau auf die Photozelle trifft. Danach heizt man die Photozelle aus, indem man einen Strom an den an die Platin-Gegenelektrode anlegt, der die Elektronen herauslöst, und gegen die Kaliumoberfläche beschleunigt. Nachdem nun kein Kalium auf dem Platindraht das Ergebnis verfälschen sollten, werden nacheinander die Interferenzfilter in die Apparatur eingesetzt. Die Gegenspannung wird abgeglichen, und die resultierenden Spannungen abgelesen.

Auswertung

Messergebnisse:

Filter [nm]	ν [s^{-1}]	Gegenspannung [V]
405	$7,402 \cdot 10^{14}$	0,804
436	$6,876 \cdot 10^{14}$	0,441
546	$5,491 \cdot 10^{14}$	0,333
578	$5,187 \cdot 10^{14}$	0,220



Man erkennt, dass ein Messwert vermutlich falsch ist. Die lineare Regression mit und ohne ihn sind eingezeichnet. Die Steigungen und Y-Achsenabschnitte haben folgende Werte:

$$y = \frac{h}{e_0} x + \frac{A}{e_0} \quad \text{mit} \quad \frac{h}{e_0} = m \quad \text{und} \quad \frac{A}{e_0} = c$$

	rot	Fehler	schwarz	Fehler
m	$2,5748 \cdot 10^{-15}$	$2,9605 \cdot 10^{-31}$	$2,1471 \cdot 10^{-15}$	$7,0473 \cdot 10^{-16}$
c	-1,0994	$1,8855 \cdot 10^{-16}$	-0,8901	0,4445

Wenn man nun h und A für die rote Gerade ausrechnet erhält man:

$$\frac{h}{e_0} = m \Rightarrow h = m e_0 = 2,5748 \cdot 10^{-15} \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ Js} = 4,1253 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\text{Abweichung} = \frac{\Delta h}{h_{\text{real}}} \cdot 100\% = 37,7\%$$

$$\frac{A}{e_0} = c \Rightarrow A = c e_0 = -1,0994 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ V} = -1,7614 \cdot 10^{-19} \text{ V} = -1,0994 \text{ eV}$$

Die Lineare Regression über die ersten beiden Messwerte (Punkte im Schaubild) würde eine Abweichung von „nur“ $\sim 10\%$ ergeben. Die Abweichung bei berücksichtigen aller vier Messwerte ergibt eine Abweichung von $\sim 48,1\%$. Die große Ungenauigkeit der Messwerte kann ich mir allerdings nicht erklären.

Für die Ionisierungsenergie erhält man auch bei berücksichtigen aller Messwerte einen Wert zwischen $\sim 0,45 \text{ eV}$ und $-1,335 \text{ eV}$. Da der reale Wert nicht bekannt ist, ist ein Vergleich nicht möglich.