UWIS, Physik III, Lösung Serie 2

Thomas Kuster

21. April 2005

1 Photozelle

1.1 Spannung

Durch einfallendes Licht werden Elektronen (e^-) aus der lichtempfindlichen Schicht freigesetzt. Falls die Energie höher ist als diejenige die nötig ist um die e^- aus der Schicht zu lösen, wird der Rest der Energie in kinetische Energie des e^- umgewandelt, wodurch die e^- auch eine Geschwindikeit erhalten.

$$E_{Einfallenden(Licht)} = E_{Austritt} + E_{e^-\ kinetisch}$$

1.2 Quecksilberdampflampe

Octave-Skript um alles notwendige zu berechnen und den Graph (Abbildung 1) zu zeichnen:

```
# Konstanen aus konstanten.m laden
konstanten;
lambda = 10^(-9).*[546, 436, 405, 366];
U = [0.02, 0.6, 0.82, 1.14];
nu = c./lambda;
# ps output
gset term post enhanced;
gset output "photozelle.ps";
gset grid;
gset title "Photozelle";
gset xlabel "Frequenz {/Symbol n} [s^{-1}]";
gset ylabel "Spannung U [V]";
gset key left top;
xaxis=10^14.*[0,8.5];
axis([xaxis(1),xaxis(2),-2.5,1.5]);
printf("lineare Regression\n");
printf("numerisches Problem => 10^(-9)\n");
a=polyfit(10^(-9).*nu,10^(-9).*U,1);
a(2)=a(2)*10^9
```

```
y=a(2)+a(1).*xaxis;
printf("h mit h/e=a(1)\n");
abs(h_experiment=a(1)*e)
printf("Fehler\n");
abs(h_experiment-h)
printf("\\nu = 0, Austrittsarbeit\n");
w_a=y(1)*e
printf("\\nu bei 0 Volt ausgeben\n");
nu_0=-a(2)/a(1)
printf("\\lambda bei 0 Volt ausgeben\n");
lambda_0=c/nu_0
y_cs=-1.94+xaxis.*a(1);
printf("\\lambda_{min} Cs\n");
c/(1.94/a(1))
gset arrow from 4.5e+14,0.25 to 5.3e+14,0.03;
gset label "{/Symbol n}_0 = 5.44 10^{14} s^{-1},\
 {/Symbol l}_0 551.38 nm" at 1.8e+14,0.25;
# ergibt 3-seitiges PS-File (Schoenheitsfehler)
plot(nu,U,['@',';Messungen (K);'],\
 xaxis,y,['-',';lineare Regression;'],\
 xaxis,-1.94+xaxis.*a(1),[';(Cs);']);
```

Ausgabe des Skripts:

```
lineare Regression
numerisches Problem => 10^(-9)
a =

   4.1536e-15
  -2.2584e+00

h mit h/e=a(1)
ans = 6.6548e-34
Fehler
ans = 2.8771e-36
\nu = 0, Austrittsarbeit
w_a = -3.6183e-19
\nu bei 0 Volt ausgeben
nu_0 = 5.4371e+14
\lambda bei 0 Volt ausgeben
lambda_0 = 5.5138e-07
\lambda_{min} Cs
ans = 6.4187e-07
```

1.2.1 Graph

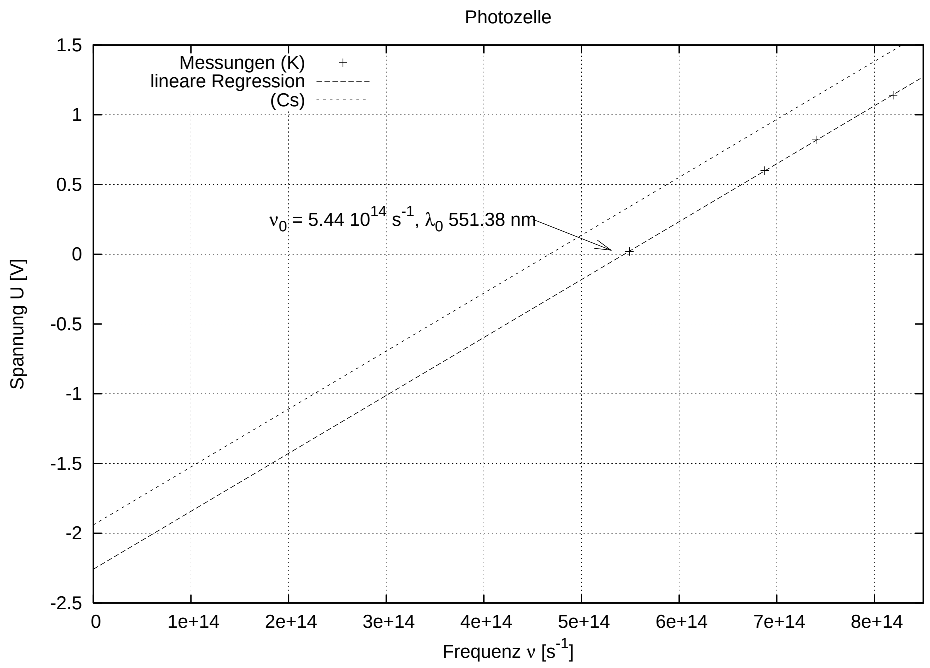

Abbildung 1: Photozelle

1.2.2 ν_{min}

$$\nu_{min} = 5.437 \cdot 10^{14}\mathrm{s}^{-1}$$

1.2.3 Doppelte Lichintensität

Die selbe Spannung, da die Spannung nur von der Frequenz ν (bzw. der Wellenlänge λ) abhängt.

1.2.4 Erklärung

Klassisch (Wellenmodel): Es wird erwartet, dass $E_{e^-\,kinetisch}$ von der Intensität (I) des elektromagnetischen Feldes (E_0) der Welle abhängt.

$$I \propto E_0$$

Quantenphysikalisch: Licht besteht aus Teilchen (Lichtquant, Photonen) der Energie $h\nu$.

1.3 Plancksche Konstante h und Austrittsarbeit W_A

$$h = 6.655 \cdot 10^{-34}\text{Js}$$
$$W_A = 3.618 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

1.4 Cs anstelle K

Die Photozelle spricht nicht an, die Wellenlänge müsste kleiner als < 642 nm sein.

Die Steigung des Graphs bleibt $\frac{h}{e}$, nur der Ordinatenabschnitt $(-U_A)$ ändert sich (die Gerade wird nach oben verschoben).

2 Quecksilberdampflampe

2.1 Energie der Photonen

$$E_{Photon} = h\nu = h\frac{c}{\lambda} = \frac{1.986 \cdot 10^{-25}}{\lambda}$$

$$\begin{aligned}
E_{680} &= 2.92 \cdot 10^{-19}\text{ J} &= 1.82\text{ eV} \\
E_{577.6} &= 3.44 \cdot 10^{-19}\text{ J} &= 2.14\text{ eV} \\
E_{546} &= 3.64 \cdot 10^{-19}\text{ J} &= 2.27\text{ eV} \\
E_{435.7} &= 4.56 \cdot 10^{-19}\text{ J} &= 2.85\text{ eV}
\end{aligned}$$

2.2 Austrittsarbeit

$E > 2$ eV, dies ist für alle Spektrallinien mit einer kürzeren Wellenlänge als als 680 nm der Fall. Die rote Linie ($\lambda = 680$ nm) trägt nicht zum Photostrom bei, die anderen Linien (gelb ($\lambda = 577.6$ nm), grün ($\lambda = 546$ nm) und blau ($\lambda = 435.7$ nm)) tragen bei.

2.3 Kinetische Energie

$$E_{kin} = E_{pot} - W_A = h\nu - W_A = h\nu - 2\text{ eV}$$

$$\begin{aligned}
E_{680} &= 1.82\text{ eV} - 2\text{ eV} &= -0.18\text{ eV verlässt Material nicht} \\
E_{577.6} &= 2.14\text{ eV} - 2\text{ eV} &= 0.14\text{ eV} \\
E_{546} &= 2.27\text{ eV} - 2\text{ eV} &= 0.27\text{ eV} \\
E_{435.7} &= 2.85\text{ eV} - 2\text{ eV} &= 0.85\text{ eV}
\end{aligned}$$

3 Unschärferelation

3.1 Impuls- und Geschwindigkeitsunschärfe

$$\Delta x \Delta p \geq h \Rightarrow \frac{h}{\Delta x} \leq \Delta p = m\Delta v \Rightarrow \frac{h}{\Delta x m} \leq \Delta v$$

$$\begin{array}{llllll} p_{Billard} & \geq & 6.626 \cdot 10^{-28}\ \mathrm{Ns} & v_{Billard} & \geq & 3.012 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{m\ s^{-1}} \\ p_{H_2} & \geq & 6.626 \cdot 10^{-24}\ \mathrm{Ns} & v_{H_2} & \geq & 3968\ \mathrm{m\ s^{-1}} \end{array}$$

3.2 Unschärfe der Ortsmessung

$$\Delta p = \frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda + \Delta\lambda} \approx \frac{\Delta\lambda h}{\lambda^2} =$$

$$\frac{\Delta p}{h} = \frac{h}{\frac{\Delta\lambda h}{\lambda^2}} = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} \leq \Delta x = 360\ \mathrm{nm}$$

Im Bereich der Wellenlänge.

4 Beugung am Spalt

4.1 Muster

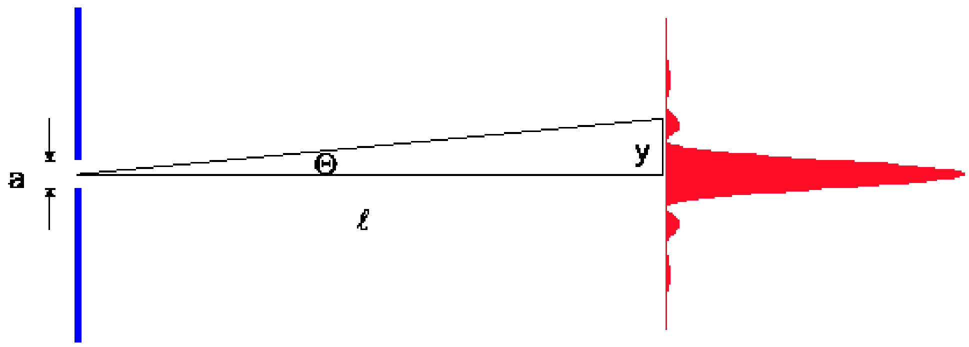

Abbildung 2: Beugung am Spalt

4.2 Ein Teilchen

Das Teilchen tritt an irgendeiner Stelle hinter dem Spalt auf dem Schirm auf, mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung die dem Muster in (Abbildung 2) entspricht (je höher die Intensität desto höher die Wahrscheinlichkeit) oder es tritt gar nicht auf dem Schirm auf (Verfehlung des Spalts).

4.3 Viele Teilchen nacheinander

Das Muster sieht gleich aus wie in (Abbildung 2), dieses Muster gibt gleichzeitig die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Teilchen hinter dem Spalt an.

4.4 Vertikale Geschwindigkeitskomponente

Wenn sich das Teilchen im Spalt befindet (dies muss irgendwann einmal der Fall sein, wenn es durch den Spalt kommt), ist der Aufenthaltsort des Teilchens sehr bekannt ($\Delta x = d_{Spalt}$). Mit der Heisenbergsche Unschärfenrelation lässt sich unschärfe der Geschwindigkeit berechnen:

$$d_{Spalt}\Delta p = h \Rightarrow \frac{d_{Spalt}}{h} = \Delta p = m\Delta v \Rightarrow \frac{d_{Spalt}}{hm} = \Delta v$$

Bei leichten Teilchen (z. B. Elektronen) und einem kleinem Spalt (z. B. 100 nm) wird Δv gross (im Beispiel 7200 ms^{-1}). Diese Geschwindigkeitsunschärfe kann nun in jede Richtung sein, also auch in vertikaler Richtung.