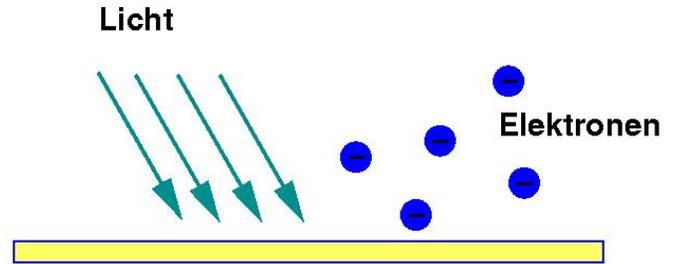
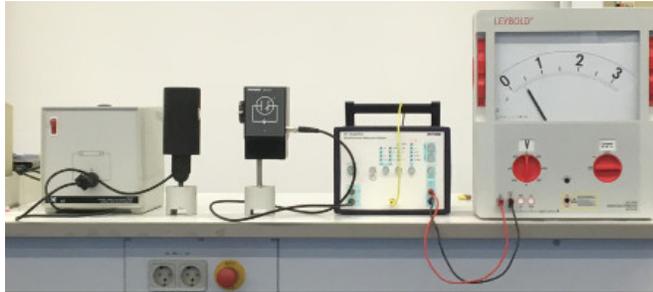


Der Photoeffekt (lichtelektrischer Effekt) ist eine Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung mit Materie. Wird eine negativ geladene Metalloberfläche (z.B. eine Zinkplatte) mit Licht geeigneter Wellenlänge bestrahlt, so werden Elektronen freigesetzt. Mit der Energie der Photonen muss die Austrittsarbeit (Bindungsenergie) der Elektronen verrichtet werden, der übrige Teil der Photonenenergie wird dabei in kinetische Energie der Elektronen umgewandelt.



Albert Einstein hat für die Erklärung<sup>1</sup> des lichtelettrischen Effekts 1921 den Nobelpreis erhalten.

**Theorie:**

Bei der Gegenfeldmethode müssen die ausgelösten Elektronen mit ihrer kinetischen Energie ein elektisches (Gegen-) Feld mit der Spannung  $U$  überwinden.

Dazu ist die Energie  $E_{pot} = \underline{\hspace{2cm}}$  nötig. Für verschiedene Frequenzen  $f$  kann dann die Gegenspannung  $U(f)$  gemessen werden, ab der keine Elektronen mehr das Feld überwinden. Für Photonenenergie  $E$ , Austrittsarbeit  $W_a$  und  $E_{pot}$  gilt der Zusammenhang<sup>2</sup>:

$$e \cdot U(f) = \hspace{15cm} (1)$$

**Experiment:**

1. In die Tabelle sollen die experimentellen Daten eingetragen werden:

$\lambda$						
$U$						

2. Berechne jeweils  $eU$  und die Frequenz des Lichts (es gilt  $c = \lambda f$ ):

$f$						
$eU$						

3. Stelle die Funktion  $e \cdot U(f)$  graphisch dar. Die Frequenz  $f$  soll dabei auf der waagerechten Achse und  $eU$  auf der vertikalen Achse dargestellt werden.

4. Für die "Steigung"  $h$  der Funktion  $e \cdot U(f)$  gilt offensichtlich:

$$h = \frac{e\Delta U}{\Delta f} = \frac{e(U_2 - U_1)}{f_2 - f_1}$$

Berechne  $h$  für mehrere Wertepaare und bestimme das arithmetische Mittel.

5. Welche physikalische Einheit besitzt  $h$ ?

6. Für die Energie der Photonen gilt also die Formel  $E = \underline{\hspace{2cm}}$  .

<sup>1</sup>A. Einstein: Ueber einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt, Annalen der Physik Vol 322, 6, 132-148, 1905

<sup>2</sup>Elementarladung:  $e \approx 1,602 \cdot 10^{-19}C$

## 1. Aufgabe:

(32 Punkte)

Straßen und öffentliche Plätze werden oft mit Natriumdampflampen beleuchtet, die ein orange-gelbes Licht aussenden. Eine Natriumdampflampe emittiert in guter Näherung monochromatisches Licht mit einer Wellenlänge von ca. 589nm.

- (a) Berechne aus wie vielen Photonen ein solcher Lichtblitz der Energie  $10^{-16}$  Joule besteht.
- (b) Ein Photodetektor wird in 0,7 Sekunden von  $10^{20}$  Photonen einer Natriumdampflampe getroffen. Berechne die Leistung welche der Detektor empfängt.
- (c) Ermittle rechnerisch wie viele Photonen die Natriumdampflampe bei einer Leistung von 150W pro Minute emittiert.
- (d) Bestimme den Impuls  $p = \frac{h}{\lambda}$ , den die einzelnen Photonen der Natriumdampflampe haben und gib das Ergebnis in der Einheit  $\frac{g \cdot m}{s}$  an.
- (e) Das sichtbare Licht hat Wellenlängen zwischen etwa 380nm und 780nm. Berechne die Energie der jeweiligen Photonen und gib das Ergebnis in eV (Elektronenvolt<sup>3</sup>) an.
- (f) Aus der für Photonen bekannten Proportionalität von Energie und Frequenz sowie der Beziehung zwischen Impuls und Wellenlänge folgt  $E = pc$ . Leite die Formel her.
- (g) Mit welcher Geschwindigkeit müsste sich ein Moskito der Masse 2,3mg bewegen, damit ihr Impuls dem Gesamtimpuls eines UV-Blitzes von einer Billiarde Photonen der Wellenlänge 277nm entspricht? Berechne außerdem die Leistung für den Fall, dass die Photonen innerhalb einer Hunderstel Sekunde freigesetzt werden.

---

<sup>3</sup>Multipliziert man eine Spannung von 1V mit der Ladung  $e$  des Elektrons, so erhält man 1eV. Die Energie von Teilchen wird oft in der Einheit Elektronenvolt angegeben.