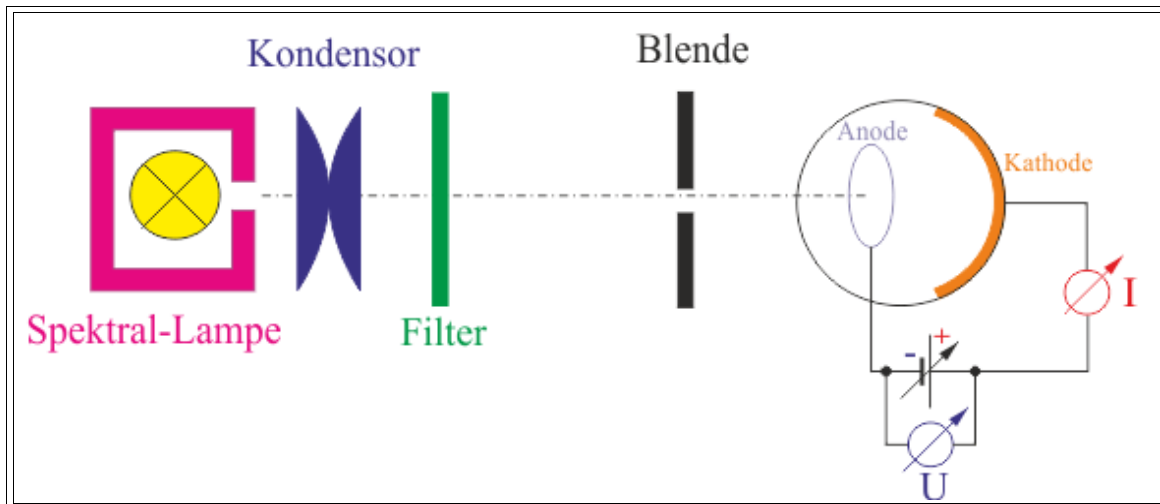


Aufgabe 1: (Abitur BY 2011 G8)

Ende des 19. Jahrhunderts untersuchten Heinrich Hertz und Wilhelm Hallwachs erstmals systematisch den Photoeffekt, bei dem durch Bestrahlung mit Licht Elektronen aus Metalloberflächen herausgelöst werden.

a) Skizzieren Sie eine Versuchsanordnung, bei der mit Hilfe einer Vakuumphotozelle die maximale kinetische Energie $E_{k,max}$ von Photoelektronen in Abhängigkeit von der Lichtfrequenz gemessen werden kann, und beschreiben Sie die Versuchsdurchführung. (7 BE)



Das Licht einer Spektrallampe wird durch einen Kondensator auf die Kathode einer Photozelle konzentriert. In den Strahlengang bringt man ein Interferenzfilter (lässt nur einen ganz engen Frequenzbereich des von der Spektrallampe emittierten Lichts passieren), so dass auf die Kathode nahezu monochromatisches Licht fällt. Die Blende vor der Photozelle bewirkt, dass die Anode der Photozelle nicht direkt beleuchtet wird und eventuell auch dort Photoeffekt stattfindet. Aufgrund des Photoeffekts an der Kathode fließt bei der skizzierten Schaltung ein Strom I . Dieser kommt zum Erliegen, wenn der Betrag der äußeren (Gegen-)Spannung U gleich der "Fotospannung" zwischen Anode und Kathode ist. Die auf diese Weise feststellbare Fotospannung ist ein Maß für die kinetische Energie mit der die Photoelektronen aus der Kathode treten. Variiert man die Frequenz des eingestrahlt Lichts durch die Verwendung verschiedener Filter, so kann man das dargestellte Diagramm ermitteln.

Das in Teilaufgabe 1.a) beschriebene Experiment wird mit einem speziellen Laser durchgeführt, bei dem verschiedene Lichtfrequenzen im sichtbaren Bereich eingestellt werden können.

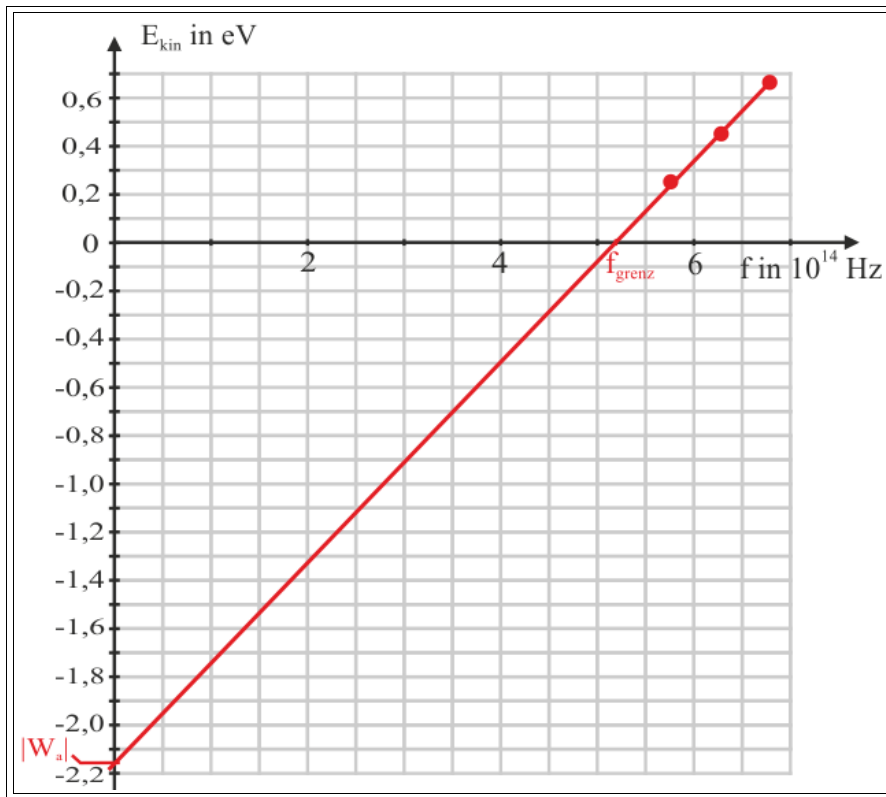
Wellenlänge λ in nm	444	480	523	605	640
Frequenz f in $10^{14} Hz$	6,75	6,25	5,73	4,96	4,68
$E_{K,max}$ in eV	0,66	0,44	0,25	---	---

b) Erklären Sie mit Hilfe der Lichtquantenhypothese, warum bei den beiden größten Wellenlängen im Experiment kein Photoeffekt auftritt. (6 BE)

Zu den größeren Wellenlängen gehören geringere Photonenenergien, da gilt: $E_{ph} = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

Ist die Photonenenergie kleiner als die Ablösearbeit W_A des bestrahlten Materials, so können nach der Energiebilanz beim äußeren Fotoeffekt $E_{ph} = E_{kin,el} + W_A$ keine Photoelektronen ausgelöst werden.

c) Zeichnen Sie ein $f - E_{K,max}$ – Diagramm und erklären Sie die physikalische Bedeutung der Schnittpunkte der durch die Messpunkte bestimmten Ausgleichsgeraden mit den beiden Achsen (Skalierung: $1 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow 2 \text{ cm}$; $1 \text{ eV} \rightarrow 5 \text{ cm}$). (6 BE)



d) Ermitteln Sie mit Hilfe des Diagramms aus Teilaufgabe 1.c) die Planck-Konstante h . (5 BE)

Aus dem Quotienten des Betrags der Austrittsarbeit und der Grenzfrequenz lässt sich die Plancksche Konstante h (Steigung der Geraden) ermitteln:

$$h = \frac{W_A}{f_{\text{grenz}}} = \frac{2,15}{5,2 \cdot 10^{14}} \text{ eV s} \approx 4,1 \cdot 10^{15} \text{ eV s}$$

e) Bei Bestrahlung mit dem grünen Laserlicht ($\lambda = 523 \text{ nm}$) trifft eine Lichtleistung von $2,0 \text{ mW}$ auf die Photokathode. Berechnen Sie die Photostromstärke unter der Annahme, dass nur $0,010\%$ der Photonen Elektronen auslösen. (6 BE)

Für die Lichtleistung P gilt:
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Für die in der Zeit Δt eingestrahlte Lichtenergie ΔE gilt:
$$\Delta E = N_{ph} \cdot E_{ph} = \frac{N_{ph} \cdot h \cdot c}{\lambda}$$

Damit ist
$$P = \frac{N_{ph} \cdot h \cdot c}{\Delta t \cdot \lambda} \Leftrightarrow N_{ph} = \frac{P \cdot \Delta t \cdot \lambda}{h \cdot c} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 \cdot 523 \cdot 10^{-9}}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8} \approx 5,3 \cdot 10^{15}$$

Damit ist die Zahl der pro Sekunde ausgelösten Elektronen
$$N_{el} = 0,0001 \cdot N_{ph} = 5,3 \cdot 10^{11}$$

Für den Photostrom gilt dann:
$$I_{ph} = \frac{N_e \cdot e}{\Delta t} = \frac{5,3 \cdot 10^{11} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{1} \text{ A} = 84 \text{ nA}$$