

Aufgabe zum Photoeffekt vom 04.06.2020

Eine Photozelle mit der Austrittsarbeit $W_A = 3,0 \text{ eV}$ wird mit sichtbarem Licht bestrahlt. Bei welcher Wellenlänge können die ausgelösten Elektronen eine Geschwindigkeit von $v = 100 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ (Kilometer pro Sekunde, das ist ziemlich viel!) erreichen?

Lösung:

Für die maximale kinetische Energie der Photoelektronen mit der Masse m gilt nach EINSTEIN:

$$\begin{aligned} W_{\text{kin}} &= hf - W_A \\ \frac{1}{2}mv^2 &= \frac{hc}{\lambda} - W_A \\ \frac{hc}{\lambda} &= \frac{1}{2}mv^2 + W_A \\ \lambda &= \frac{hc}{\frac{1}{2}mv^2 + W_A} \\ &= \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (1 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + 3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ eV}} \\ &= 4,099 \cdot 10^{-7} \text{ m} \\ &\approx 410 \text{ nm} \end{aligned}$$

Hinweise:

a: Der Geschwindigkeitswert kann nicht direkt eingesetzt werden:

$$v = 100 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 100 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{\text{s}} = 1 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b: Die Formel $W = \frac{1}{2}mv^2$ ergibt die kinetische Energie in der Einheit $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{J}$.

c: Weil im Nenner ein Energiewert in J nicht zu einem solchen in eV addiert werden kann, muss man die Einheit eV durch Einsetzen von $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ umrechnen:

$$3,0 \text{ eV} = 3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ eV} = 3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

d: Weil im Nenner die Energie in J berechnet wird, muss im Zähler der Wert des PLANCKSchen Wirkungsquantums h in der Einheit Js benutzt werden.

Also wird $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ statt $h = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$ eingesetzt.

e: Berechnet man die kinetische Energie direkt, so erhält man

$$\begin{aligned}W_{\text{kin}} &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (1 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \\&= 4,55 \cdot 10^{-21} \text{ J} \\&= 0,028 \text{ eV}\end{aligned}$$

Schon bei einer Energie von 3,028 eV knapp oberhalb der Auslösearbeit von 3,0 eV erreichen die Photoelektronen diese hohe Geschwindigkeit.