

Aufgaben zum Photoeffekt u.a. vom 28.05.2020, Buch Seite 55

1. Lichtquantenhypothese

Erörtern Sie, ob die folgenden Aussagen im Einklang mit EINSTEINS Lichtquantenhypothese stehen. Korrigieren Sie gegebenenfalls Fehlvorstellungen.

- a: *Je größer die Lichtintensität, desto größer ist auch die Photonenenergie.*

Nach EINSTEIN hängt die Energie der Quantenpakete bzw. Photonen nur von der Frequenz ab: $W_{\text{ph}} = hf$. Die Intensität erhöht nur die Gesamtenergie bzw. die Anzahl der Photonen, nicht aber die Größe der einzelnen „Energieklumpen“.

Anderes Bild: Wenn ein Bagger mehr Sand schaufelt, erhöht er dadurch ja nicht die Größe der einzelnen Sandkörner.

- b: *Eine Vergrößerung der Intensität bewirkt eine Erhöhung eines bereits bestehenden Photostroms.*

Wenn schon ein Photostrom besteht, dann schaffen es die Photonen einer bestimmten Lichtquelle, Photoelektronen auszulösen. Durch Intensitätserhöhung (z.B. durch Abstandsverringerung der Lichtquelle zur Photozelle) wird die Anzahl der Photonen erhöht und damit auch die Anzahl der ausgelösten Elektronen pro Zeiteinheit, was einem größeren Photostrom entspricht.

- c: *Je größer die Energie der absorbierten Strahlung ist, desto größer ist die kinetische Energie der Photoelektronen.*

Die Gesamtenergie ist die Anzahl der Photonen mal der Photonenenergie. Eine Erhöhung der Gesamtenergie kann z.B. nur die Photonenanzahl erhöhen (Helligkeit einer Lichtquelle mit fester Wellenlänge) unter Beibehaltung der Photonenenergie. Bei gleichbleibender Photonenenergie ändert sich dann an der kinetischen Energie der Photoelektronen gar nichts.

2. Photonenanzahl

Berechnen Sie die Anzahl der Photonen, die eine 60 W-Glühlampe (Lichtausbeute 4%) und eine 11 W-Energiesparlampe (Lichtausbeute 20 %) im sichtbaren Bereich pro Sekunde emittieren. Gehen Sie vereinfachend von der einheitlichen Wellenlänge $\lambda = 600 \text{ nm}$ für alle emittierten Photonen ans.

Bei einer Lichtausbeute von 4% wird nur 4% der elektrischen Leistung in Licht umgewandelt. Der Rest von 96% geht praktisch als Wärme verloren.

Bei der Glühlampe wird dann nach $P = \frac{W}{t}$ in einer Sekunde die Energie $W = P \cdot t = 0,04 \cdot 60 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 2,4 \text{ J}$ in Licht umgewandelt.

Bei der Energiesparlampe sind es $W = P \cdot t = 0,20 \cdot 11 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 2,2 \text{ J}$.

Bei einer angenommenen mittleren Wellenlänge von $\lambda = 600 \text{ nm}$ ergibt sich die Photonenenergie

$$\begin{aligned} W_{\text{Ph}} &= h \cdot f = \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{600 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \\ &= 3,31 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

Die gesamte Energie W , die eine Lichtquelle in einer Sekunde aussendet, ist die Anzahl n der Photonen mal der Photonenenergie W_{Ph} .

$$\begin{aligned} W &= n \cdot W_{\text{Ph}} \\ n &= \frac{W}{W_{\text{Ph}}} \\ &= \frac{2,4 \text{ J}}{3,31 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \\ &= 7,25 \cdot 10^{18} \end{aligned}$$

Bei der Energiesparlampe sind es entsprechend $6,65 \cdot 10^{18}$ Photonen.