

Aufgabe:

Photonen können auf verschiedene Weise mit Elektronen wechselwirken.

a) Lichtelektrischer Effekt

Im Folgenden wird mit einer Vakuum-Fotozelle mit $\lambda_G = 551 \text{ nm}$ gearbeitet.

- **Erläutern** Sie, auf welche Weise sich zwischen Kathode und Anode einer Vakuum-Photozelle, deren Kathode mit monochromatischem Licht der Wellenlänge $\lambda < \lambda_G$ bestrahlt wird, eine bestimmte Photo-Spannung U aufbaut. Gehen Sie dabei auch auf die Grenzwellenlänge λ_G und die Austrittsarbeit W_0 des Kathodenmaterials ein.

Die Photozelle befindet sich an Bord eines Satelliten außerhalb der Erdatmosphäre und werde mit Sonnenlicht bestrahlt, das vorher ein Quarzprisma durchlaufen hat. Quarz ist im UV-Bereich nur für $\lambda \geq 250 \text{ nm}$ durchlässig.

- **Erklären** Sie, weshalb unter diesen Bedingungen die Spannung an der Photozelle einen gewissen Höchstwert U_{\max} nicht überschreitet.
- Die Photozelle wird mit monochromen Licht der Wellenlänge $\lambda_L = 382 \text{ nm}$ bestrahlt. **Berechnen** Sie die auftretende Photo-Spannung. (18 BE)

b) Die Quantenvorstellung von Licht wird auch durch den Versuch von Compton bestätigt, der die Vergrößerung der Wellenlänge eines Photons bei der Streuung an einem Teilchen entdeckte.

- **Beschreiben** Sie die Modellvorstellung zum Compton-Effekt sowie den daraus resultierenden Widerspruch zum Wellenmodell an einer übersichtlichen Skizze, die alle für das Verständnis des Effekts notwendigen Bezeichnungen enthält.
- Für den Compton-Effekt gilt die Beziehung (*) $\Delta\lambda = \lambda_C(1 - \cos\varphi)$ mit

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e c} = 2,4 \times 10^{-12} \text{ m} \quad \text{Erläutern Sie diese Beziehung.} \quad (13 \text{ BE})$$

c) Mit den in Teilaufgabe b) gegebenen Formeln lassen sich Berechnungen durchführen.

- **Ermitteln** Sie mit der Beziehung (*) den maximal möglichen Energieverlust eines Photons, wenn die einfallenden Photonen eine Energie besitzen, die gleich der Ruheenergie des Elektrons ist.
- Ein Photon der Energie $E = 0,25 \text{ MeV}$ wird unter einem Winkel von $\varphi = 60^\circ$ durch einen Compton-Prozess gestreut. **Berechnen** Sie die Energie des Photons und die kinetische Energie des Elektrons nach der Streuung.

- Werden derartige Photonen (auch bei großen Streuwinkeln) an Atomen mit hoher Ordnungszahl gestreut, bleiben häufig ihre Energien annähernd erhalten.

Erklären Sie für dieses Phänomen.

(16 BE)

d) Aus einem Photon kann auch ein Elektron-Positron-Paar entstehen.

- **Berechnen** Sie die Mindestenergie des Photons, um ein Elektron-Positron-Paar zu erzeugen.
- Im Vakuum kann aus einem Photon kein Paar erzeugt werden. **Begründen** Sie die Existenz eines weiteren Teilchens (meist ein Kern).
- Ein 2,9 MeV-Photon erzeugt in Blei ein Elektron-Positron-Paar mit jeweils gleichen kinetischen Energien. **Berechnen** Sie die kinetische Energie und die Geschwindigkeit eines Teilchens (relativistische Rechnung). Vernachlässigen Sie die Rückstoßenergie des Bleiatoms.

(13 BE)