Prof. Thomas Müller, Universität Karlsruhe
Dr. Frank Hartmann, Universität Karlsruhe

*Aufgabenblatt 4; Übung am 19. bzw. 21. Mai*
*LÖSUNGEN* Übung 4

1. Beim Franck-Hertz-Versuch entspricht der Abstand der Minima (bzw. Maxima) $\Delta U_B$ in der Strom-Spannungs-Kennlinie einer charakteristischen Energie eines Übergangs eines Elektrons in den Atomen bzw. Molekülen des Füllgases.

   (a) Die Spannung $U_B = 4V$ liegt zwischen dem ersten und zweiten Minimum. Die Wellenlänge dieses charakteristischen Übergangs ist $\lambda = \frac{hc}{e\Delta U_B} = 589nm$. Das Füllgas leuchtet also im gelben Spektralbereich.
   Für $U_B = 5V$ leuchtet es ebenfalls gelb.

   (b) Bsp.: Natriumdampf und $^{86}$Krypton leuchtet im gelben Spektralbereich. Es könnte sich also um Natriumdampf oder $^{86}$Krypton handeln.

   (c) Die kinetische Energie der Elektronen $E_{kin}$ muss mindestens so groß sein, wie die Energie des charakteristischen Übergangs, d. h. $E_{kin} \geq e\Delta U_B$. Da $E_{kin} = \frac{m}{2}v^2$ , muss $v \geq \sqrt{2e\Delta U_B/m} = 8.6 \times 10^5 m/s$ sein.

2. Photonen

   (a) P=100W=100J/s; $a = 365,25 = 3.16 \times 10^7 s \quad \Rightarrow E = Pa = 3.16 \times 10^9 J \quad \Delta m = E/c^2 = 3.5 \times 10^{-8} kg$

   (b) Es gilt: $\frac{Nh\nu}{P} = \frac{F}{4\pi R^2}$, wobei F der Pupillenquerschnittfläche ist. Hieraus ergibt sich R= 14 200 km.

   (c) Nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz $\lambda_{max} \times T = const = 0.29cmK \ \rightarrow T = 5800K$

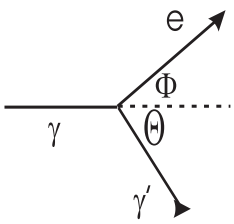
3. Photoeffekt
   a.) Klassische Wellentheorie des Lichts: Freie Elektronen im Metall werden durch das elektrische Feld der Lichtwelle beschleunigt.

   - ihre Energie sollte mit der Lichtintensität wachsen
   - unabh. von der Frequenz sollte bei genügend hoher Intensität es möglich sein Elektronen aus dem Metall herauszulösen
   - Existenz einer Grenzfrequenz ist mit klassichem Wellenmodell des Lichts nicht zu erklären.

   b.) $\nu_i = c/\lambda_i \rightarrow \nu_i = 13.88; 11.53; 9.46; 8.15; 7.44 \cdot 10^{14} Hz$
   Ausgleichsgerade: $W_A = eU + h\nu \rightarrow W_A = 2.93eV, h = 4.15 \cdot 10^{-15} eVs$

4. Comptonstreuung:

   (a) $\lambda' - \lambda = \frac{hc}{m_0c^2}(1 - cos\theta)$




   $E_{kin} = E_\gamma - E'_\gamma = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = hc\frac{\lambda'-\lambda}{\lambda\lambda'}$ mit $E_\gamma = \frac{hc}{\lambda}$ und $E' = \frac{hc}{\lambda'}$ folgt aus der Comptonformel:
   $E_\gamma - E'_\gamma = \frac{E_\gamma E'_\gamma}{m_0c^2}(1 - cos)\theta)$ (1) oder $E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1+\frac{E_\gamma}{m_0c^2}(1-cos\theta)}$ (2)
   (2) in (1) $\Rightarrow E_{kin} = \frac{E_\gamma E'_\gamma}{m_0c^2}(1 - cos\theta) = \frac{E_\gamma}{\frac{m_0c^2}{E_\gamma(1-cos\theta)}+1}$ (3) maximal für $cos\theta_{max} \rightarrow\ -1$ also $\theta_{max} \rightarrow \pi$ Informationen für den dazugehörigen Winkel $\Phi$ erhält man aus dem Impulserhaltungssatz: $p_\gamma = p'_\gamma cos\theta + p_e cos\Phi$ (4)
   $0 = p'_\gamma sin\theta - p_e sin\Phi$ (5)
   Mit $\theta_{max} \rightarrow \pi$ folgt aus (5):
   $P_e sin\Phi_{max} = 0 \Rightarrow \Phi_{max} \rightarrow 0$

   (b) $\lambda = 400nm \rightarrow \gamma = 7.5 \times 0^{14}Hz \rightarrow E_\gamma = 3.1eV$
   Aus (3) mit $\theta_{max} = \pi$ folgt $E_{kin,max} = 3.8 \times 10{-}5eV$

   (c) Übertrüge das Photon seine gesamte Energie auf das Elektron, dann wäre $E'_\gamma = 0 \rightarrow \lambda' = 0 \rightarrow \lambda' - \lambda = -\lambda = \frac{hc}{m_0c^2}(1 - cos\theta)$; also $1 - cos\theta < 0 \rightarrow$ unmöglich!

   (d) $E'_\gamma = E_\gamma - E_{kin} = 400keV \rightarrow \lambda' = 3.1 \times 10^{-3}nm$ mit $\lambda = \frac{hc}{E_{gamma}} = 2.48 \times 10^{-4}nm$ folgt aus Compton: $\theta = Arccos\left(1 - \frac{(\lambda'-\lambda)m_0c}{h}\right) = 41.8^o$