

Brocca 2002- 1. Aufgabe-Lösung

1. Formeln beim Photoeffekt:

$W_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$ kinetische Energie der Elektronen, m Elektronen-Masse, v Elektronen-Geschwindigkeit

$$W = W_A + W_{kin}$$

Dabei ist W die verrichtete Arbeit und W_A die Austrittsarbeit, um die Elektronen aus dem Material zu lösen.

Energiebilanz-Formel:

$$W_{kin} = h \cdot f - W_A$$

Dabei ist:

W_{kin} die kinetische Energie der Elektronen

h das Planck'sche Wirkungsquantum

f die Frequenz des Lichtes

W_A die Austrittsarbeit

Grenzfrequenz Formel:

$$f_G = \frac{W_A}{h}$$

Dabei ist:

h das Planck'sche Wirkungsquantum

f_G die Grenzfrequenz des Lichtes

W_A die Austrittsarbeit

Frequenz des Lichtes:

$$c = f \cdot \lambda$$

Dabei ist:

c die Lichtgeschwindigkeit

f die Lichtfrequenz

λ die Wellenlänge des Lichts

Beschreibung und Anwendung siehe Wikipedia

2. Nach der klassischen Vorstellung müssten Elektronen mit jeder Lichtfrequenz f herausgelöst werden können. Eine Grenzfrequenz f_G existiert nicht in der Wellentheorie! Bei der elektromagnetischen Welle ist die Energiedichte gleich $w_{em} = \frac{1}{2}\epsilon_0(E^2 + c^2B^2)$, also nicht abhängig von der Wellenlänge und von der Frequenz. Somit dürfte die Frequenz keine Rolle spielen.

Im Experiment wird eine Grenzfrequenz beobachtet, unter der kein Photoeffekt stattfindet.

Nach der Wellentheorie muss die Metallplatte nur länger bestrahlt werden, damit die in Schwingung versetzten Elektronen eine genügend hohe Amplitude bekommen, um aus der Metallplatte herausgeschleudert zu werden. Das Experiment zum Photoeffekt zeigt aber: Egal wie lange die Metallplatte bestrahlt wird, es treten keine Elektronen aus!

Der Photoeffekt setzt sofort ein - ohne Verzögerung.

Ähnlichkeiten	Unterschiede
3. Sowohl für die Deutung des Photoelektrischen Effektes als auch für die Begründung der Schwarzkörperstrahlung muss eine Quantisierung der Energie vorgenommen werden	Planck quantisiert nur den Energieaustausch zwischen Materie und Strahlung, die Strahlung wird nicht quantisiert und wird im Rahmen der klassischen Elektrodynamik beschrieben. Einstein quantisiert die Strahlung selbst und schlägt vor, sowohl Materie als auch Strahlung zu quantisieren.

4. Beschreibung des Compton-Effektes siehe Wikipedia

In der angegebenen Formel ist

λ' = Wellenlänge nach der Streuung

λ = Wellenlänge vor der Streuung

m_0 = Ruhemasse des Elektrons

θ = Streuwinkel des Photons

5. Das einfallende Photon hat eine Energie von $E = 0,8 \text{ MeV} = 1,28 \cdot 10^{-13} \text{ J}$, das gestreute

$$E' = \frac{2}{3}E_0 = 8,5 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

Die entsprechenden Wellenlängen sind

$$\lambda = \frac{hc}{E} = 1,55 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$\lambda' = \frac{hc}{E'} = 2,33 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

Die Änderung der Wellenlänge ist daher

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 7,8 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

Mit der Formel für θ erhalten wir

$$\theta = \arccos\left(1 - \frac{m_0 \cdot c \cdot \Delta\lambda}{h}\right) = 47,3^\circ$$