

Übungen zur Physik der Materie 1

Blatt 1 - Quantenmechanik

Sommersemester 2017

Vorlesung: Matthias Kling

ausgegeben am 26.04.2017

Übung: Nils Haag (Nils.Haag@lmu.de)

besprochen am 02.05.2017

Aufgabe 1: Der Photoeffekt

Mit einer Vakuumphotozelle wird ein Versuch nach der Gegenfeldmethode durchgeführt. Dabei misst man für Licht der Wellenlänge $\lambda_1 = 546 \text{ nm}$ bzw. $\lambda_2 = 436 \text{ nm}$ Gegenspannungen von $U_1 = 0,33 \text{ V}$ bzw. $U_2 = 0,90 \text{ V}$.

- Skizzieren Sie die Versuchsanordnung und erläutern Sie anhand Ihrer Skizze die Durchführung des Versuchs.
- Berechnen Sie mit den angegebenen Daten den numerischen Wert des Planck'schen Wirkungsquantums und die Austrittsarbeit der Photoschicht. Bestimmen Sie anhand der Tabelle 1 am Ende dieses Blatts das Material der Photokathode.
- Wie groß muss die Energie der Photonen mindestens sein, um Elektronen aus der Photoschicht lösen zu können? Welcher Wellenlänge des Lichts entspricht dies?
- Berechnen Sie die Geschwindigkeit der vom Licht der Wellenlänge λ_1 ausgelösten schnellsten Photoelektronen unmittelbar nach Verlassen der Photoschicht.
- Schätzen Sie durch Rechnung die Zeit ab, die nach der Wellentheorie vom Beginn der Beleuchtung einer Natrium-Photozelle vergeht, bis der Photoeffekt einsetzen sollte. Nehmen Sie hierzu an, dass die Photozelle von einer 25 W Glühbirne bestrahlt wird, die etwa 4 % der aufgenommenen elektrischen Leistung als Licht abgibt. Der Abstand zwischen der Glühbirne und der Photoschicht beträgt 1 m und der Durchmesser eines Natrium-Atoms etwa $3,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
- Fassen Sie zusammen, welche experimentellen Beobachtungen man bei der Untersuchung des lichtelektrischen Effekts macht. Diskutieren Sie die Vereinbarkeit der Ergebnisse mit dem Wellenmodell des Lichts und mit dem Teilchenmodell.

Aufgabe 2: Röntgenstrahlung und Comptoneffekt

- a) Beschreiben Sie die Funktionsweise einer Röntgenröhre. Welche physikalischen Eigenschaften besitzt das entstehende Spektrum?
- b) Elektronen in einer Fernschröhre werden mit bis zu 20 kV beschleunigt. Welche Geschwindigkeit besitzen die Elektronen, wenn sie auf die Anode prallen? Hierbei entsteht auch Strahlung, die allerdings vom Glas des Fernsehers absorbiert wird. Berechnen Sie die kürzeste Wellenlänge der hierbei entstehenden Röntgenstrahlung.
- c) Erläutern Sie die Modellvorstellung zum Comptoneffekt und erstellen Sie ein Impulsdiagramm aller Stoßparameter vor und nach dem Stoß. Geben Sie die Erhaltungssätze an, die schließlich zu dem Ergebnis $\Delta\lambda = \lambda_C(1 - \cos\theta)$ für die Verschiebung der Lichtwellenlänge führen.
- d) Ein Photon ($\lambda = 71,3 \text{ pm}$) wird beim elastischen Stoß mit einem freien, ruhenden Elektron um 90° abgelenkt. Berechnen Sie die zu erwartende Wellenlängenänderung, die Energie und den Impuls der abgelenkten Strahlung. Mit welcher Geschwindigkeit und unter welchem Streuwinkel wird das Elektron nach dem Stoß wegfliegen?

Nützliche Konstanten und Tabellen

Lichtgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

Planck'sches Wirkungsquantum $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Elektronenmasse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Metall	W [eV]	λ_g [nm]	Metall	W [eV]	λ_g [nm]
Natrium	2,28	543	Kupfer	4,84	256
Kalium	2,25	551	Gold	4,83	256
Rubidium	2,13	582	Platin	5,66	219
Cäsium	1,94	639	Wolfram	4,57	271

Tabelle 1: Austrittsarbeit W und Grenzwellenlänge λ_g für ausgewählte Materialien.