



3. Übungsblatt

Gruppe B

Aufgabe 3.1: Photonen

a) Ein Photon besitzt

- ... eine Ruhemasse.
- ... keinen Spin.
- ... einen Impuls.

Markieren Sie die richtige Antwort.

b) Photonen ...

- ... können in ihrer Bewegungsrichtung nicht durch Gravitation beeinflusst werden.
- ... entsprechen klassischen Korpuskeln mit keinerlei Welleneigenschaften.
- ... können mit geladenen Elementarteilchen wechselwirken.

Markieren Sie die richtige Antwort.

Aufgabe 3.2: Licht als Teilchen

Nehmen Sie an, die Sonne strahle ihre gesamte Leistung von $3,9 \cdot 10^{26}$ W nur bei einer Wellenlänge von 550 nm ab.

a) Mit welcher Rate strahlt die Sonne Photonen ab?

b) Schätzen Sie grob ab, wie viele Photonen des Sonnenlichts pro Sekunde Ihren Daumennagel erreichen, wenn Sie sich an einem klaren Tag im Freien befinden.

Aufgabe 3.3: Natriumlampe

- a) Wie schnell bewegt sich ein Elektron, das die gleiche kinetische Energie hat wie ein Photon, das von einer Natriumlampe mit einer Wellenlänge von 590 nm erzeugt wird?
- b) Die Natriumlampe wird mit einer elektrischen Leistung von 60 W betrieben. Wie viele Photonen werden insgesamt während einer durchschnittlichen Lebensdauer von 30.000 h emittiert? Die Effizienz der Umwandlung von elektrischer Energie in Lichtenergie sei 30%.
- c) Berechnen Sie den Photonenfluss (Photonen pro Zeit und Fläche) auf einem kleinen Bildschirm in 2 m Entfernung von der Lampe.

Aufgabe 3.4: Photoeffekt

In einem Experiment zum Photoeffekt wird eine Photokathode aus Natrium eingesetzt. Für Licht der Wellenlänge 300 nm wird ab einer Gegenspannung von 1,85 V kein Photostrom mehr gemessen. Bei Licht der Wellenlänge 400 nm ist dafür nur eine Gegenspannung von 0,82 V nötig. Bestimmen Sie aus diesen Daten:

- a) Einen experimentellen Wert für das Plancksche Wirkungsquantum.
- b) Die Austrittsarbeit für Natrium.
- c) Die Grenzwellenlänge, ab der der Photoeffekt für Natrium nicht mehr möglich ist.

Aufgabe 3.5: Heisenbergsche Unschärfe

- a) Wie lautet bei einem Einzelspalt der Breite d die Bedingung für Beugungswinkel unter denen destruktive Interferenz für eine senkrecht einfallende Welle der Wellenlänge λ auftritt?
- b) Ein Teilchen fliege senkrecht auf einen Einzelspalt zu. Wie lautet die Impulskomponente des Teilchens senkrecht zu seiner Einfallsrichtung, nachdem es um den Winkel α am Einzelspalt gebeugt wurde?
- c) Leiten Sie über die Beugung eines Teilchens am Einzelspalt einen ungefähren Ausdruck für die Heisenbergsche Unschärferelation her.
- d) Beschreiben Sie qualitativ, was die Heisenbergsche Unschärferelation über eine gleichzeitige Messung von Ort und Impuls aussagt.

Aufgabe 3.6: Unschärfe bei Geschwindigkeitsmessung

- a) Ein Elektron bewege sich entlang der x-Achse und Sie messen eine Geschwindigkeit von $2,05 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ mit einer Genauigkeit von 0,5%. Wie lautet die minimale Unsicherheit (gegeben durch die Heisenberg'sche Unschärferelation) einer gleichzeitigen Messung der Position des Elektrons auf der x-Achse.
- b) Nehmen sie an, dass die x -Position eines Teilchens mit Impuls p mit einer Genauigkeit von $\Delta x = \frac{\lambda_{DB}}{2\pi}$ bestimmt werden kann, wobei λ_{DB} die De-Broglie-Wellenlänge des Teilchens bezeichnet. Wie ist die Ungenauigkeit einer Messung der x -Komponente des Impuls Δp_x ? Würde eine Messung von $p_x=0$ Sie überraschen? Wie verhält es sich mit Messergebnissen von $p_x=\frac{1}{2}p$, $2p$ oder $12p$?