

Name: Klasse:

Photonen und Materiewellen

Wellen, die Teilchen sind und Teilchen, die Wellen sind

Im Jahre 1905 konnte Albert Einstein den Photoeffekt, der schon längere Zeit beobachtet war, erklären: Er postulierte, dass Licht, welches sich als elektromagnetische Welle ausbreitet, sich bei der Wechselwirkung mit Teilchen wie ein Teilchen – ein Lichtquant oder Photon – verhält. 1921 bekam er für diese Arbeit den Nobelpreis für Physik.

Ein solches Photon hat keine Ruhemasse wie ein „echtes“ Teilchen – es kann sich ja nur mit Lichtgeschwindigkeit bewegen und nicht stillstehen. Seine Energie lässt sich aus der Frequenz f des Lichts berechnen:

$$E = h \cdot f$$

Hier ist h das „Plancksche Wirkungsquantum“, die Planck-Konstante, eine Naturkonstante mit dem Wert $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,1357 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$. ($1\text{eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

Dividiert man diese Photonenenergie durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit (Vakuumlichtgeschwindigkeit: $2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$), so erhält man eine Massenangabe für ein Photon. ($E = m \cdot c^2$, nach m aufgelöst). Diese Masse hat das Photon bei Lichtgeschwindigkeit. Photonen sind also „Lichtteilchen“ denen man eine Masse und eine Energie zuordnen kann.

1. Vervollständige die folgende Tabelle mit den Werten für Photonenenergie und Photonenmasse. Typische Frequenzen bzw. Wellenlängen für die jeweiligen Arten elektromagnetischer Strahlung sind bereits eingetragen.

Spektralbereich	Frequenz in Hz	Wellenlänge in m	Energie in J	Energie in eV	Masse in kg
UKW	$100 \cdot 10^6$				
Mikrowelle	$2500 \cdot 10^6$				
Sichtbar		$600 \cdot 10^{-9}$			
UV		$100 \cdot 10^{-9}$			
Röntgen		$0,10 \cdot 10^{-9}$			
Gamma		$5,0 \cdot 10^{-12}$			

Zum Vergleich: Elektronen haben (Ruhe-)Massen von $9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Name:

Klasse:

2. Diskutiere die Ergebnisse der Tabelle.

Photonen haben auch einen Impuls, den man gemäß $p = h / \lambda$ berechnen kann. Aufgelöst nach der Wellenlänge ergibt sich der Ausdruck $\lambda = h / p$.

De Broglie kam auf die Idee, diese Formel für Teilchen mit Ruhemasse zu verwenden. Diese haben einen Impuls, der sich als das Produkt aus ihrer Masse und ihrer Geschwindigkeit berechnen lässt. Setzt man diesen Impuls in die obige Gleichung ein, so erhält man eine Wellenlänge. Jedem Teilchen, das sich bewegt, kann man also eine Wellenlänge zuordnen. Dass das nicht nur rechnerisch geht, sondern dass sich die Teilchen tatsächlich gemäß dieser Wellenlänge als Wellen verhalten, zeigt beispielsweise das Elektronenmikroskop.

3. Berechne die de-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons, das sich mit einer Geschwindigkeit von $20 \cdot 10^6$ m/s bewegt. Vergleiche mit den Ergebnissen für Photonen in der Tabelle.
