

Physik IV 2009 - Übung 3

6. März 2009

1. Compton Effekt

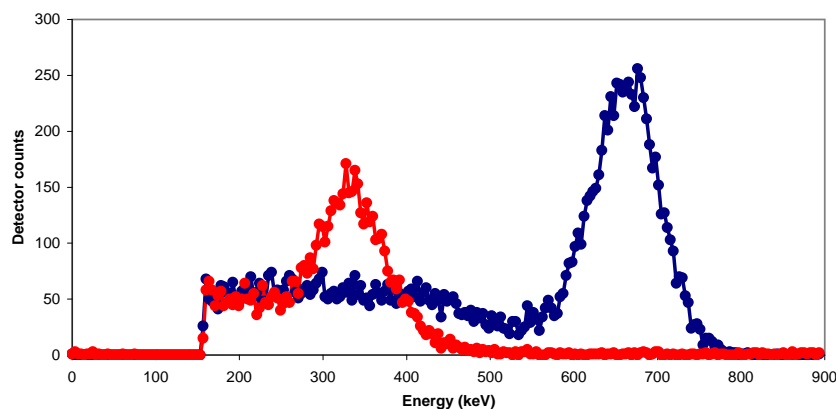
$\Sigma 2\frac{1}{2}$

- (a) Zeigen Sie, dass bei der Compton-Streuung die Wellenlänge des ausfallenden Lichts um $\Delta\lambda = \lambda_C(1 - \cos\phi)$ verschoben wird. $\lambda_C = \frac{h}{m_e c}$ ist hier die Compton-Wellenlänge. [1]
- (b) Berechnen Sie ausgehend von der obigen Formel das Verhältnis der Energie $h\nu$ des einfallenden zur Energie $h\nu'$ des gestreutes Photons,

$$\frac{h\nu'}{h\nu} = \frac{c}{\nu\lambda_C(1 - \cos\phi) + c}.$$

Zeigen Sie, dass ein um den Winkel $\phi = 90^\circ$ gestreutes Photon mit Wellenlänge λ_C die Hälfte seiner Energie abgibt. Wie gross ist der maximale Energieanteil, den ein Photon mit der Wellenlänge λ_C abgeben kann? [1]

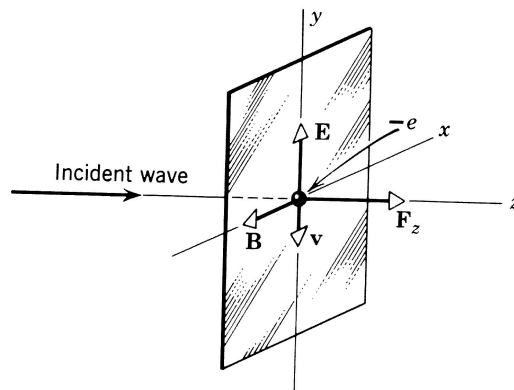
- (c) In der unten stehenden Abbildung ist das Energiespektrum des in der Vorlesung gezeigten Experiments zum Compton-Effekt gezeigt. Der Winkel zwischen dem einfallenden Strahl und dem Detektor ist 0° oder ϕ . Bestimmen Sie ϕ aus den Daten. [$\frac{1}{2}$]



2. Strahlungsdruck

$\Sigma 2\frac{1}{2}$

Der Strahlungsdruck galt lange Zeit als Bestätigung der Teilchennatur des Lichts. Johannes Kepler schlug schon 1619 vor, dass der Druck des Sonnenlichts die Ausrichtung des Schweifs von Kometen weg von der Sonne bewirkt. Maxwell zeigte jedoch 1873, dass der Strahlungsdruck auch aus der Elektrodynamik folgt, wenn Licht als Welle betrachtet wird.



- (a) Zeigen Sie, dass der Impulsübertrag p einer elektromagnetischen Welle auf ein Elektron in einem absorbierenden Metall durch die Formel $p = U/c$ gegeben ist.

Benutzen Sie dazu die Lorentz-Formel

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

für die Kraft \vec{F} eines elektromagnetischen Feldes auf eine Ladung q . Die Geschwindigkeit eines Elektrons in Materie ist durch $v = qE/b$ mit dem Dämpfungskoeffizienten b gegeben und die Magnetfeldstärke $B = E/c$. Beachten Sie, dass nur der Impulsübertrag entlang der Strahlrichtung für den Strahlungsdruck verantwortlich ist. Weiters entspricht die absorbierte Strahlungsleistung $\dot{U} = \vec{F} \cdot \vec{v}$ der Arbeit pro Zeiteinheit, die vom einfallenden Feld am Elektron verrichtet wird.

[1½]

- (b) Die Strahlungsleistung der Sonne auf die Erde beträgt 1366 W/m^2 . Berechnen Sie den Druck auf einen reflektierenden Spiegel auf der Erdoberfläche mit senkrechter Ausrichtung zur Sonne und vergleichen Sie mit dem Atmosphärendruck. Wie gross wäre der Druck direkt oberhalb der Oberfläche der Sonne (Abstand Sonne-Erde: $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$, Radius Sonne: $0.7 \times 10^9 \text{ m}$).

[1]

3. **Schwarzer Körper in 2D** Σ 3

Leiten Sie in Anlehnung an die in der Vorlesung gezeigte Vorgehensweise die folgenden Formeln für die Strahlung eines zwei-dimensionalen schwarzen Körpers her.

- (a) Die Planck-Verteilung. [2]
- (b) Das Rayleigh-Jeans Gesetz ($h\nu \ll k_B T$). [$\frac{1}{2}$]
- (c) Das Wien'sche Gesetz ($h\nu \gg k_B T$). [$\frac{1}{2}$]

4. **Strahlung schwarzer Körper** Σ 2

- (a) Betrachten Sie die Erde als perfekten schwarzen Körper. In welcher Distanz zur Sonne wäre die Oberflächentemperatur genau 300 K? [$\frac{1}{2}$]
- (b) Konstruieren Sie eine kegelförmige Raumstation auf der Umlaufbahn des Planeten Merkur, deren Temperatur 300 K betragen soll. Die Raumstation kann dabei als perfekter schwarzer Körper betrachtet werden und ihre Basis zeigt immer zur Sonne. Wie gross muss das Verhältnis von Länge zu Radius gewählt werden? [1]
- (c) Welche maximale Temperatur kann die Raumstation erreichen, wenn sich bei fixer Umlaufbahn versehentlich ihre Ausrichtung ändert? [$\frac{1}{2}$]

(Die Radien der Umlaufbahnen von Merkur und Erde um die Sonne betragen $R_M = 57.9 \times 10^6$ km bzw. $R_E = 150 \times 10^6$ km. Die Strahlungsintensität der Sonne auf der Erdumlaufbahn beträgt $I = P/A = 1366 \text{ Wm}^{-2}$.)