

Physik IV 2010 - Übung 2

5. März 2010

1. Compton Effekt

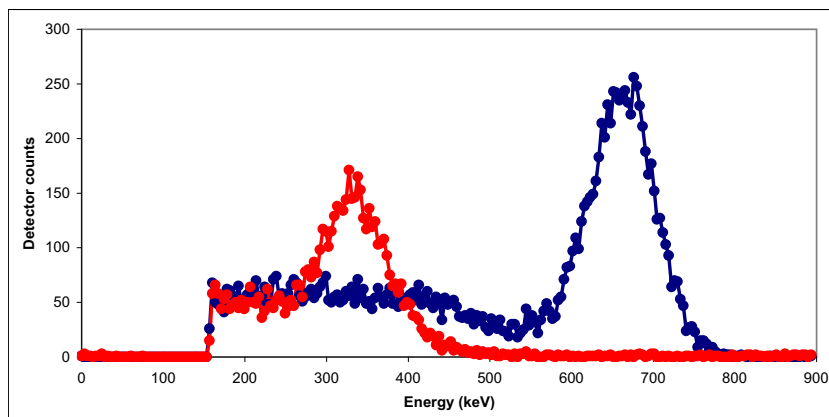
Σ 3

- (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) Begründen Sie anhand der Energie- und Impulserhaltung, warum Absorption eines Photons durch ein freies Elektron nicht möglich ist. [$\frac{1}{2}$]
- (c) Berechnen Sie ausgehend von der Formel in (a) 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]

- (d) 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. Photoelektrischer Effekt II

$\sum 1\frac{1}{2}$

- (a) Berechnen Sie den Photostrom (Sättigungsstrom), der bei der Bestrahlung eines 1 cm^2 grossen Stück Metalls mit einer Austrittsarbeit von 1.8 eV entsteht. Die Wellenlänge des Lichts betrage 500 nm und die Strahlungsleistung 1 kW/m^2 . [$\frac{1}{2}$]
- (b) Wie gross ist die Grenzwellenlänge des Metalls? Begründen Sie, warum und unter welchen Bedingungen auch oberhalb der Grenzwellenlänge ein Strom gemessen werden kann. [$\frac{1}{2}$]
- (c) Wie groß wäre die Verschiebung der Wellenlänge eines gestreuten Photons aufgrund des Compton-Effekts? Ist diese messbar? [$\frac{1}{2}$]

3. Photonen Zähler.

$\sum 1\frac{1}{2}$

- (a) Ein Photonen Zähler besteht aus einer Photokathode, einer Kollektoranode, und acht Dynoden zwischen Anode und Kathode. Alle Platten sind aus Cs_3Sb gefertigt. Die Potentialdifferenz von 1 kV ist gleichmässig zwischen Anode und Kathode über die 10 Platten aufgeteilt. Die Austrittsarbeit von Cs_3Sb ist 1.8 eV . Wie gross ist die maximale Anzahl N von Elektronen, die für ein einziges einfallendes Photon auf der Anode auftreffen kann? Wie gross ist die Energie der Elektronen? [1]
- (b) Warum kann diese Zahl N praktisch nie erreicht werden? [$\frac{1}{2}$]

4. **Bremsstrahlung - inverser photoelektrischer Effekt.** $\Sigma 1\frac{1}{2}$

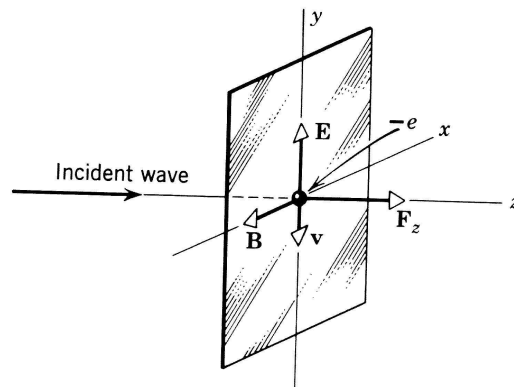
Beim inversen photoelektrischen Effekt wird durch Abbremsen von Elektronen in einem Metall Strahlung erzeugt.

(a) Berechnen Sie sowohl relativistisch als auch nicht-relativistisch die Grenzwellenlänge des abgestrahlten Lichts, wenn die Elektronengeschwindigkeit die Hälfte der Lichtgeschwindigkeit beträgt. [1]

(b) Welche Kühlleistung wird bei einem Elektronenstrom von 1 mA benötigt, wenn die Strahlungsausbeute ca. 1% der Elektronenenergie beträgt? [$\frac{1}{2}$]

5. **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, wobei die U die Strahlungsenergie 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]