

Moderne Theoretische Physik für Lehramtskandidaten

Vorlesung: PD Dr. S. Gieseke – Übung: Dr. F. Staub

Übungsblatt 10

Ausgabe: Mi, 09.01.2019 – Besprechung: Fr, 18.01.2019

Aufgabe 1: Temperatur der Sonnenoberfläche

6 P

Die Sonne emittiert Licht verschiedener Wellenlängen, wobei das Maximum des Spektrums im sichtbaren Bereich liegt. Benutzen Sie diese Information, um die Temperatur auf der Oberfläche der Sonne abzuschätzen.

Aufgabe 2: Wärmestrahlung

6 P

- (a) 3 P Schreiben Sie die spektrale Energiedichte der Wärmestrahlung als Funktion der Wellenlänge sowohl für die Planck- als auch für die Wien-Formel.
- (b) 2 P Zeigen Sie die Äquivalenz der beiden Formeln für kleine λ und leiten Sie daraus die empirischen Konstanten a und b der Wien-Formel

$$g\left(\frac{v}{T}\right) = a \exp\left(-b\frac{v}{T}\right) \quad (1)$$

ab.

- (c) 1 P Vergleichen Sie die Planck-Formel für große λ mit der von Rayleigh

$$\omega_\lambda d\lambda = \frac{8\pi k_B T}{\lambda^4} d\lambda \quad (2)$$

Aufgabe 3: Photoeffekt

6 P

- (a) 3 P Schätzen Sie die klassisch zu erwartende Zeitverzögerung beim Photoeffekt ab. Die Intensität der einfallenden Strahlung betrage $0,01 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Die „Querschnittsfläche“ des Atoms sei $0,1 \text{ nm}$.

- (b) 3 P Wie lange dauert es, bis die der Austrittsarbeit entsprechende Energie von 2 eV auf das Atom gefallen ist?

Aufgabe 4: Compton-Steuerung

6 P

Ein Photon γ der Frequenz ν stoße auf ein ruhendes Elektron e der Masse m . Nach dem Stoß habe das gestreute Photon γ' die Frequenz ν' und das Elektron habe Impuls \vec{p}'_e und Energie E'_e . Der Streuwinkel zwischen γ und γ' sei α .

- (a) 3 P Stellen Sie den Energieerhaltungssatz und den Impulserhaltungssatz auf. Fassen sie beide Gleichungen zusammen, indem Sie die Viererimpulsvektoren

$$p_e = \begin{pmatrix} E_e/c \\ \vec{p}_e \end{pmatrix}, \quad p_\gamma = \begin{pmatrix} E_\gamma/c \\ \vec{p}_\gamma \end{pmatrix}, \quad p'_e = \begin{pmatrix} E'_e/c \\ \vec{p}'_e \end{pmatrix}, \quad p'_\gamma = \begin{pmatrix} E'_\gamma/c \\ \vec{p}'_\gamma \end{pmatrix},$$

definieren. Die ungestrichenen (gestrichenen) Größen beschreiben dabei die Situation vor (nach) dem Stoß. Berechnen Sie nun $(p_\gamma - p'_\gamma)^2$ und $(p_e - p'_e)^2$. Drücken Sie Ihre Ergebnisse durch E_γ , E'_γ , α und die Elektronenmasse m aus. Welche Beziehung besteht zwischen E_γ , E'_γ und α ?

- (b) 3 P Leiten Sie aus Ihrem Ergebnis aus (a) die Compton-Formel

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \alpha)$$

ab. Dabei sind λ und λ' die Wellenlängen des einlaufenden bzw. gestreuten Photons und $h/(mc) \approx 2.4 \times 10^{-10}$ cm ist die Compton-Wellenlänge des Elektrons.

