

Übungen zu Theoretische Physik II - Quantenmechanik I

Blatt 1 (abzugeben¹ am 26. April)

Aufgabe 1 Herleitung der Planck Formel (6 Punkte)

Leiten Sie aus der Boltzmann Verteilung

$$P(E) = \frac{e^{-E/(k_B T)}}{\sum_E e^{-E/(k_B T)}} \quad (1)$$

und des Quantisierungsansatzes

$$E = n\varepsilon \quad (2)$$

mit $n = 0, 1, 2, \dots$, die mittlere Energie

$$\bar{E} = \sum_E P(E)E \quad (3)$$

der Hohlraummoden mit Energiequantum ε her.

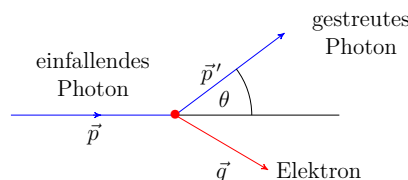
Hinweis: verwenden Sie die geometrische Reihe und eine Ableitung nach $1/(k_B T)$.

Aufgabe 2 Grenzfälle der Planck Formel (6 Punkte)

Nähern Sie die Planck Formel der Energiedichte $u(\nu, T)$ im Hohlraum für $\nu \rightarrow 0$ und $\nu \rightarrow \infty$. Vergleichen Sie den ersten Grenzfall mit dem Rayleigh-Jeans Gesetz. Berechnen Sie nun auch die führenden Korrekturen zum Rayleigh-Jeans Gesetz. Vergleichen Sie den zweiten Grenzfall mit dem Wien Gesetz und bestimmen Sie die Parameter des Wien Gesetzes durch die Konstanten der Planck Formel.

Aufgabe 3 Compton Effekt (8 Punkte)

Wir betrachten die elastische Streuung eines Photons an den Elektronen einer Metallfolie, wie in folgendem Bild dargestellt:



Der Impuls des Photons \vec{p} verhält sich zu seiner Energie wie $|\vec{p}| = E/c$, die Energie zur Frequenz wie $E = h\nu$ und die Frequenz zur Wellenlänge wie $\lambda = c/\nu$. Zeigen Sie aus Energie- und Impulserhaltung für relativistische Elektronen, dass

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos(\theta)) \quad (4)$$

mit Elektronenmasse m_e und Wellenlänge λ' des gestreuten Photons.

¹Weitere Details erhalten Sie Anfang nächster Woche per Email