

## Übungen zu Theoretische Physik II - Quantenmechanik I Blatt 1 (abzugeben<sup>1</sup> 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  $\varepsilon$  her.

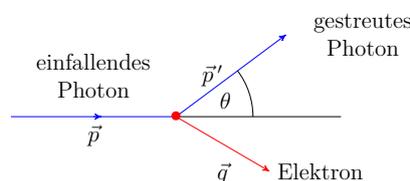
Hinweis: verwenden Sie die geometrische Reihe und eine Ableitung nach  $1/(k_B T)$ .

### 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  $\lambda'$  des gestreuten Photons.

---

<sup>1</sup>Weitere Details erhalten Sie Anfang nächster Woche per Email