

Praktikum Klassische Physik Teil 2 (P2)

Vorbereitung: Wärmestrahlung

Simon Fromme, Philipp Laur

28. Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

1 Planck'sches Strahlungsgesetz

2

1 Planck'sches Strahlungsgesetz

Sei n_0 die Teilchenzahldichte der unangeregten und n^* die der angeregten Atome eines Schwarzkörpers. Im thermischen Gleichgewicht ist das Verhältnis der beiden Dichten durch die Boltzmann-Verteilung gegeben.

$$\frac{n^*}{n_0} = e^{-hf/(kT)} \quad (1)$$

Teilchen haben nun verschiedene Möglichkeiten zur Wechselwirkung mit der Strahlung. Sei nun nachfolgend mit α die Zahl der Ereignisse pro Volumen und Zeiteinheit bezeichnet. Dann gilt

1. Absorption von Strahlung der Energie hf

$$\alpha_{\text{Absorption}} = B \cdot \varrho(f, T) \cdot n_0$$

2. spontane Emission von Strahlung der Energie hf

$$\alpha_{\text{Emission}} = A \cdot n^*$$

3. stimulierte Emission der Energie hf (direkte Umkehrung der Absorption)

$$\alpha_{\text{st. Emission}} = B \cdot \varrho(f, T) \cdot n^*$$

Im Gleichgewicht muss nun die Rate der Absorption gleich der Rate der Emission sein, es gilt also

$$\alpha_{\text{Absorption}} = \alpha_{\text{Emission}} + \alpha_{\text{st. Emission}}$$

bzw.

$$\begin{aligned} B \cdot \varrho(f, T) n_0 &= A \cdot n^* + B \cdot \varrho(f, T) n^* \\ \Rightarrow \frac{n^*}{n_0} &= \frac{B \cdot \varrho(f, T)}{A + B \cdot \varrho(f, T)} \end{aligned}$$

Und mit (1),

$$\begin{aligned} e^{-hf/(kT)} &= \frac{B \cdot \varrho(f, T)}{A + B \cdot \varrho(f, T)} \\ \Rightarrow \varrho(f, T) &= \frac{A}{B} \cdot \frac{e^{-hf/(kT)}}{1 - e^{-hf/(kT)}} = \frac{A}{B} \cdot \frac{1}{e^{hf/(kT)} - 1} \end{aligned}$$

Nach weiterer Betrachtung (Eigenschwingungsspektrum Hohlraum) ergibt sich die Konstante zu

$$\frac{A}{B} = \frac{8\pi h f^3}{c^3}$$

und damit das Plancksche Strahlungsgesetz zu

$$\varrho(f, T)df = \frac{8\pi h f^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{hf/(kT)} - 1}.$$