

**Institut für Physikalische Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg**

**Übungsblatt 6
zur Vorlesung Physikalische Chemie II
WS 2012/13 Prof. E. Bartsch**

- 6.1 L a) Zeichnen Sie die spektrale Energiedichte $\rho(\nu)$ der Strahlung eines schwarzen Strahlers als Funktion der Wellenlänge bei drei verschiedenen Temperaturen. Was bedeuten die Flächen unter den Kurven?
b) Nach welchem Gesetz verändert sich die Fläche unter den Kurven (Gleichung angeben)? Welcher Zusammenhang besteht zur spezifischen Ausstrahlung M ? Wie ist M definiert? Berechnen Sie die Stefan-Boltzmann-Konstante σ .
c) Zeichnen Sie die spektrale Energiedichte als Funktion der Wellenlänge, $\rho(\lambda)$. Zeichnen Sie (gestrichelt) hier und in eine der Kurven unter a) den Verlauf nach dem Rayleigh-Jeans-Gesetz ein und geben Sie die zugehörige Gleichung an.
d) Zeichnen Sie die dreidimensionale Geschwindigkeitsverteilung (Maxwell-Boltzmann-Verteilung) der Moleküle eines idealen Gases für zwei Temperaturen auf.
e) Zeichnen Sie in einer der Kurven die wahrscheinlichste Geschwindigkeit, die mittlere Geschwindigkeit und die Wurzel aus dem mittleren Geschwindigkeitsquadrat ein.
f) Was bedeuten die Flächen unter den Kurven?
- 6.2 L Die spektrale Energiedichteverteilung unserer Sonne und des Nordsterns haben Maxima bei den Wellenlängen $\lambda_{\max} = 510 \text{ nm}$ und $\lambda_{\max} = 350 \text{ nm}$.
a) Berechnen Sie Oberflächentemperaturen dieser Sterne unter der Annahme, dass die stellaren Oberflächen wie Schwarze Strahler verhalten.
b) Berechnen Sie unter derselben Annahme für beide Sterne die Strahlungsleistung, die von 1 cm^2 stellarer Oberfläche ausgeht.
- 6.3 M Die „Intensität“ der Sonnenstrahlung beträgt an der Erdoberfläche $1350 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Berechnen Sie die Oberflächentemperatur der Erde unter folgenden Annahmen:
a) Die Erde verhält sich wie ein schwarzer Strahler, die gesamte Erdoberfläche strahlt Energie ab (Erdradius: $6.3 \cdot 10^6 \text{ m}$).
b) Von der eingestrahnten Energie wird 30 % reflektiert (Albedo). Nur der beleuchtete Teil der Erdoberfläche absorbiert Energie. Wie ist der „Treibhauseffekt“ zu erklären?
- 6.4 M Berechnen Sie die mittlere Energie eines Oszillators (z.B. e^- in den Wänden eines Schwarzkörperstrahlung emittierenden Hohlraums)
a) in der Näherung der klassischen Physik (L)
b) unter Berücksichtigung der Energiequantisierung, d.h. $E = nh\nu$ mit $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ (S)

Hinweis zu a):
$$\int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \frac{n!}{a^{n+1}}$$

Hinweise zu b): Setzen Sie $\alpha = h\nu/k_B T$ und berechnen Sie als Zwischenschritt

$$-\alpha \frac{d}{d\alpha} \ln \sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} . \text{ Berücksichtigen Sie dann:}$$

$$(1-X)^{-1} = 1 + X + X^2 + X^3 + \dots, \text{ mit } X = e^{-\alpha}$$