Institut für Physikalische Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
WS2008/2009

Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie II
Prof. Dr. E. Bartsch
(L = leicht, M = mittel, S = schwer)
7. Übungsblatt

7.1 L Die spektrale Energiedichteverteilung unserer Sonne und des Nordsterns haben Maxima bei den Wellenlängen λ_{max} = 510 nm und λ_{max} = 350 nm.

a) Berechnen Sie Oberflächentemperaturen dieser Sterne unter der Annahme, dass sich 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.

7.2 M Berechnen Sie die mittlere Energie eines Oszillators (z.B. e^- in den Wänden eines Hohlraums, der Schwarzkörperstrahlung emittiert)

a) in der Näherung der klassischen Physik

b) unter Berücksichtigung der Energiequantisierung, d.h. E = nhν mit n = 0, 1, 2, 3,.....

Hinweise zu b): Setzen Sie $\alpha = h\nu/k_BT$ und berechnen Sie als Zwischenschritt $-\alpha \frac{d}{d\alpha} \ln \sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha}$. Berücksichtigen Sie dann die folgende Beziehung:
$(1-X)^{-1} = 1 + X + X^2 + X^3 + \cdots$, mit $X = e^{-\alpha}$

7.3 M Leiten Sie aus dem Planck'schen Strahlungsgesetz

$$\rho(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}\left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1\right]^{-1} \qquad (1.1)$$

die folgenden Beziehungen her:

a) das Wien'sche Verschiebungsgesetz, $T\lambda_{max}$ = const.; welchen Wert hat diese Konstante?

b) das Stefan-Boltzmann-Gesetz, $I(T) = \sigma T^4$; welchen Wert hat σ?

c) das Rayleigh-Jeans-Gesetz, $\rho(\lambda) = 8\pi kT/\lambda^4$

Hinweise:

1. Die transzendente Gleichung

$$\frac{xe^x}{e^x - 1} = 5 \qquad (1.2)$$

hat die reelle Näherungslösung x $\approx$ 4,965.

2. $$\int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1}dx = \frac{\pi^4}{15} \qquad (1.3)$$

7.4 M Die Bestrahlungsstärke (Intensität = Energie pro Flächen- und Zeiteinheit) der Sonnenstrahlung beträgt an der Erdoberfläche $I = 1{,}350 \cdot 10^3\ Jm^{-2}s^{-1}$. Das Intensitätsmaximum liegt bei einer Wellenlänge λ_{max} von $4{,}75 \cdot 10^{-7}$ m.

a) Berechnen Sie aus diesen Angaben auf zwei verschiedenen Wegen mit den Strahlungsgesetzen die Oberflächentemperatur T_S der Sonne unter der Annahme, dass die Sonne als idealer schwarzer Strahler betrachtet werden kann. Der Abstand von Sonne und Erde beträgt $d = 1{,}49 \cdot 10^{11}$ m, der Sonnendurchmesser $d_s = 1{,}391 \cdot 10^9$ m.

b) Berechnen Sie die Oberflächentemperatur der Erde unter folgenden Annahmen:

1) Die Erde verhält sich wie ein schwarzer Strahler, die gesamte Erdoberfläche strahlt Energie ab (Erdradius: $6{,}3 \cdot 10^6$ m).
2) Von der eingestrahlten Energie wird 30 % reflektiert (Albedo). Nur der beleuchtete Teil der Erdoberfläche absorbiert Energie.

7.5 L Eine Platte aus Kalium-Metall wird in eine Entfernung von 1m von einer schwachen Lichtquelle mit einer Leistung von 1W = 1J/s gebracht. Nehmen Sie an, dass die emittierten Photoelektronen ihre Energie aus einer kreisförmigen Plattenfläche (=Target) sammeln, die einen Radius von ca. einem Atomdurchmesser hat: $r \simeq 1 \cdot 10^{-10}\,m$. Die Energie, die benötigt wird, um ein Photoelektron aus der Oberfläche zu lösen sei 2.1 eV = $3.4 \cdot 10^{-19}$ J. Wie lange würde es dauern, bis das Target diese Energie aus der Lichtquelle absorbiert hat. Nehmen Sie an, dass die Lichtenergie gleichmäßig über die Wellenfront verteilt ist.