

Vorlesung: Prof. Oliver Benson (oliver.benson@physik.hu-berlin.de)  
Übungen: Dr. Ulrike Herzog (ulrike.herzog@physik.hu-berlin.de)  
Michael Barth (michael.barth@physik.hu-berlin.de)

## Übungsblatt 11

(10.01.2008)

---

### Aufgabe 33: Optische Aktivität

Quarz ist ein Material, das einerseits doppelbrechend und andererseits auch optisch aktiv ist.

- Wie groß ist das spezifische Drehvermögen von Quarz bei der Wellenlänge  $\lambda = 397 \text{ nm}$ , wenn die Brechzahlen für links- und rechtszirkular polarisiertes Licht durch  $n_l = 1,55821$  und  $n_r = 1,55810$  gegeben sind?
- Welche Dicke muss eine Quarzplatte haben, damit sie für linear polarisiertes Licht die Polarisationsrichtung um  $10^\circ$  dreht, wenn das Licht entlang der optischen Achse eingestrahlt wird?

### Aufgabe 34: Faraday-Effekt

Ein sich in positiver  $z$ -Richtung ausbreitender unpolarisierter Lichtstrahl durchläuft zunächst einen in  $x$ -Richtung orientierten Polarisationsfilter F1 und tritt anschließend bei  $z = z_0$  in ein Medium der Länge  $d$  mit der Verdet-Konstante  $V = 9 \cdot 10^{-2} \text{ arcmin G}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  ( $1 \text{ arcmin} = (1/60)^\circ$ ) ein. An das Medium ist in  $z$ -Richtung ein homogenes Magnetfeld der Stärke  $B = 3 \cdot 10^3 \text{ G}$  angelegt. Betrachtet werden zwei verschiedene Fälle:

- Hinter dem Medium befinde sich ein zweiter Polarisationsfilter F2, der ebenfalls in  $x$ -Richtung orientiert ist. Wie dick muss das Medium sein, damit nach dem Filter F2 nur noch 10% der Intensität des unpolarisierten Lichts beobachtet werden?
- Hinter dem Medium befinde sich ein vollständig reflektierender Spiegel, der den Lichtstrahl in sich selbst zurückreflektiert. Bei welcher Dicke des Mediums ist der rücklaufende Strahl bei  $z = z_0$  linear in  $y$ -Richtung polarisiert und wird daher am Filter F1 vollständig geblockt?

### Aufgabe 35: Rayleigh-Streuung

Wenn Licht der Wellenlänge  $\lambda = 1060 \text{ nm}$  in der Erdatmosphäre eine Strecke von 10 km durchläuft, wird aufgrund von Rayleigh-Streuung ein Intensitätsverlust von 1,85% beobachtet. Wie groß ist dann für Licht der Wellenlänge  $\lambda = 694 \text{ nm}$  der Intensitätsverlust bei Durchlaufen derselben Strecke?

### Aufgabe 36: Plancksche Strahlungsformel

Die Plancksche Strahlungsformel beschreibt die Energiedichte  $u$  der Strahlung eines idealen schwarzen Körpers als Funktion der Kreisfrequenz  $\omega$  bzw. der Wellenlänge  $\lambda$ :

$$u(\omega) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2c^3} \frac{1}{\exp(\hbar\omega/k_B T) - 1} \quad \text{bzw.} \quad u(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(hc/\lambda k_B T) - 1} .$$

- a) Zeigen Sie, dass man für  $\hbar\omega \ll k_B T$  (d.h. für den klassischen Grenzfall/große Wellenlängen) das Gesetz von Rayleigh-Jeans erhält:

$$u(\omega) = \frac{\omega^2}{\pi^2c^3} k_B T !$$

(Hinweis: Verwenden Sie die Reihenentwicklung  $e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = 1 + x + \dots$ )

- b) Zeigen Sie, dass man für  $\hbar\omega > k_B T$  (d.h. für kurze Wellenlängen) das Wiensche Strahlungsgesetz erhält:

$$u(\omega) = \frac{\omega^2}{\pi^2c^3} \hbar\omega \exp(-\hbar\omega/k_B T) !$$

- c) Zeigen Sie die Gültigkeit des Wienschen Verschiebungsgesetzes, d.h. dass die Wellenlänge  $\lambda_{\max}$  des Emissionsmaximums proportional zu  $1/T$  ist! Die Proportionalitätskonstante beträgt hierbei  $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ K m}$ . Schätzen Sie daraus die Oberflächentemperatur der Sonne ab, deren Emissionsmaximum bei  $\lambda_{\max} \approx 500 \text{ nm}$  liegt!