Prof. Dr. M. Wegener / Priv.-Doz. Dr. A. Naber
Übungen zur Klassischen Experimentalphysik III (Optik & Thermodynamik), WS 2019/20

ÜBUNGSAUFGABEN (VII)
(Besprechung Donnerstag, 5.12.2019)

Aufgabe 1: (4 Punkte)

Für den planaren, symmetrischen Wellenleiter wurde in der Vorlesung eine Bedingung für die möglichen symmetrischen und antisymmetrischen Moden bei TE-Polarisation hergeleitet, deren Lösungen graphisch durch die Schnittpunkte einer Schar von Tangensfunktionen mit einer Wurzelfunktion veranschaulicht wurde. Wie muss der Graph der Wurzelfunktion verlaufen, damit der Wellenleiter nur noch eine einzige Mode führen kann? Leiten Sie aus der Antwort ein Kriterium für die Schichtdicke d in Abhängigkeit von den Brechzahlen n_H und n_L sowie der Wellenlänge des Lichts her. Wie groß ist für diese Grundmode dann die maximal mögliche Frequenz bei gegebener Dicke („cut-off"-Frequenz)?

Aufgabe 2: (4 Punkte)

Licht eines He-Ne-Lasers ($\lambda_0 = 632.8\,\mathrm{nm}$) fällt senkrecht auf einen dünnen doppelbrechenden Kaliumphosphat-Kristall, dessen optische Achse $\vec{c}$ in der Plättchenebene liegt. Das einfallende Licht ist linear polarisiert, der Winkel zur $\vec{c}$-Achse beträgt 45°. Die Brechungsindizes des Kristalls sind bei λ_0 gegeben durch $n_\perp = 1.5095$ und $n_\| = 1.4684$.

a) Welche Bedingung muss die Dicke d des Plättchens erfüllen, damit das austretende Licht zirkular polarisiert ist?

b) Um bei gegebenem d auch von λ_0 abweichende Wellenlängen $\lambda_1 = \lambda_0 + \Delta\lambda$ nahezu vollständig zirkular polarisieren zu können, werden bevorzugt Plättchen minimaler Dicke („nullter Ordnung") verwendet. Erläutern Sie das anhand kleiner $\Delta\lambda$ bei unveränderten Brechungsindizes.

Aufgabe 3: (4 Punkte)

Sie haben als Überraschung für Ihre WG einen großen Topf Suppe vorbereitet, die Sie auf einer elektrischen Warmhalteplatte bei $T_S = 40$ °C temperieren. Nach einer Stunde Warten lesen Sie aus Langeweile am Stromzähler ab, dass Sie 0.01 kWh elektrische Energie für das Warmhalten verbraucht haben. Um welchen Wert hat sich die Entropie der Suppe geändert (ohne Berücksichtigung der Zersetzungsprozesse)? Wie hat sich die Entropie der Umgebung geändert, wenn deren Temperatur $T_U = 20$ °C näherungsweise konstant geblieben ist?

Aufgabe 4: (4 Punkte)

Die Zustandsgrößen eines thermodynamischen Systems sind von besonderer Bedeutung, da ihre jeweilig aktuellen Werte nur voneinander abhängen, aber nicht von den Zwischenzuständen, die zum betrachteten Zustand geführt haben. Um diese Prozessunabhängigkeit zu gewährleisten, muss das Differential einer Zustandsgröße $F(x, y)$ eine *Integrabilitätsbedingung* erfüllen: wenn $\mathrm{d}F(x, y) = A(x, y)\ \mathrm{d}x + B(x, y)\ \mathrm{d}y$, dann wird gefordert, dass

$$A(x,y) = \frac{\partial F(x,y)}{\partial x}\ ;\ B(x,y) = \frac{\partial F(x,y)}{\partial y} \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial A(x,y)}{\partial y} = \frac{\partial B(x,y)}{\partial x} \quad .$$

Betrachten Sie für ein monoatomares ideales Gas das Differential δQ_rev als Funktion von T und V und zeigen Sie, dass die insgesamt reversibel zugeführte Wärme Q_rev keine Zustandsgröße ist. Zeigen Sie weiter, dass mit der Ersetzung $\delta Q_\mathrm{rev} = T\ \mathrm{d}S$ die Größe S dagegen die Integrabilitätsbedingung erfüllt. Bestimmen Sie $S(T, V)$ für das ideale Gas durch Integration von $\mathrm{d}S$.