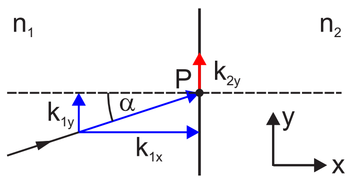
Prof. Dr. M. Wegener / Priv.-Doz. Dr. A. Naber
Übungen zur Klassischen Experimentalphysik III (Optik & Thermodynamik), WS 2012/13

ÜBUNGSAUFGABEN (VIII)
(Besprechung am Donnerstag, 13.12.2012)

Aufgabe 1: (4 Punkte)



Die Brechung von Licht an der Grenzfläche zweier Medien mit (zunächst isotropen) Indizes n_1 und n_2 lässt sich auch mit sogenannten Isofrequenzkurven lösen. Ausgangspunkt ist die einheitliche Kreisfrequenz ω in beiden Medien sowie die Erhaltung der tangentialen Komponente des Wellenvektors ($k_{1y} = k_{2y}$). Der Endpunkt des Wellenvektors $\vec{k}_2$ des gebrochenen Strahls liegt auf einer Kurve, deren Abstand von P durch $|\vec{k}_2| = n_2\,\omega/c$ bestimmt wird. Zeichnen Sie die Isofrequenzkurve für $n_1 = 1$ und $n_2 = 1.5$ und konstruieren Sie damit $\vec{k}_2$ für einen Einfallswinkel von $\alpha = 20°$.

Wir ersetzen das Medium 2 durch einen doppelbrechenden Kristall, dessen Hauptachse um 45° im Uhrzeigersinn gegenüber der x-Richtung gedreht ist. Zeichnen Sie die (elliptische) Isofrequenzkurve für $n_\| = 1.5$ und $n_\perp = 1.2$ und konstruieren Sie den resultierenden Wellenvektor $\vec{k}_d$. Die Richtung des außerordentlichen Strahls ist nicht identisch mit $\vec{k}_d$, ergibt sich aber aus der Forderung, dass diese am Endpunkt von $\vec{k}_d$ senkrecht auf der Isofrequenzkurve steht. Können Sie erklären warum?

Aufgabe 2: (5 Punkte)

Drei parallele Spalte (Abstände a) in einer ansonsten undurchsichtigen Blende werden unter senkrechtem Einfall von einer ebenen Lichtwelle mit Wellenvektor $\vec{k}$ beleuchtet. Die Breite b der Spalte sei so bemessen, dass ihre Transmission durch eine Deltafunktion genähert werden kann. Berechnen Sie für diese Anordnung die Beugungsintensität in Fraunhofer-Näherung als Funktion des Winkels. Bestimmen Sie die Minima und Maxima und zeichnen Sie das Beugungsbild. Wie ändert sich das Beugungsmuster, wenn die Phase des Lichts im zentralen Spalt durch eine Phasenplatte um 180° verzögert wird?

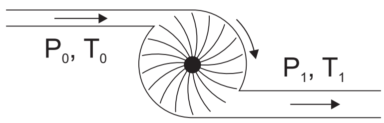
Aufgabe 3: (4 Punkte)

Für ein ideales Gas mit molarer Masse M gilt im Gravitationsfeld bei hydrostatischem Gleichgewicht die Differentialgleichung

$$\frac{\mathrm{d}P}{P} = -\frac{Mg}{RT}\,\mathrm{d}z\ .$$

Bei thermischem Gleichgewicht (T konstant) erhält man daraus durch Integration die barometrische Höhenformel (vgl. Vorlesung). Eine weit bessere Näherung für die Erdatmosphäre bekommt man jedoch mit der Annahme, dass zwischen benachbarten Luftmassen kein Wärmeaustausch stattfindet (adiabatischer Prozess). Berechnen Sie den Temperaturgradienten $\mathrm{d}T/\,\mathrm{d}z$ bei hydrostatischem Gleichgewicht unter Verwendung der Adiabatengleichung für (trockene) Luft mit $M = 29.1\,\mathrm{g/mol}$ und der Wärmekapazität $c_p = 7/2 \cdot R$.

Aufgabe 4: (4 Punkte)



Eine Gasturbine werde durch komprimierte heiße Luft ($T_0 = 1000°\mathrm{C}$, $P_0 = 10\,\mathrm{bar}$) mit einem Volumenstrom von $I_0 = 1\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$ (am Eintritt) angetrieben, wodurch die mechanische Leistung L erzeugt wird. Hinter der Turbine ist der Druck des Gases auf Normaldruck gesunken, $P_1 = 1\,\mathrm{bar}$. Berechnen Sie mit diesen Daten die maximal mögliche Leistung L_{max} der Turbine unter der Voraussetzung, dass kein Wärmeaustausch zwischen Gas und Turbine stattfindet.

Anleitung: Bestimmen Sie die Abgastemperatur T_1 bei reversibler adiabatischer Expansion und dann die an der Turbine geleistete Arbeit A pro Mol des einströmenden Gases. Betrachten Sie dazu die Luft als ideales Gas mit Adiabatenexponent $\kappa = 1.4$.