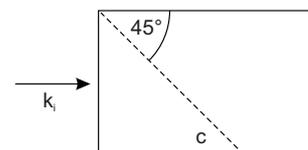


## ÜBUNGSAUFGABEN (VII)

(Besprechung am Donnerstag, 6.12.2012)

### Aufgabe 1: (4 Punkte)

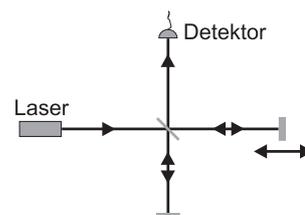
Natürliches Licht fällt senkrecht auf einen doppelbrechenden Kristall dessen optische Achse  $\vec{c}$  um  $45^\circ$  gegenüber der Eintrittsfläche geneigt ist (vgl. Skizze). Die Brechzahlen seien  $n_{\parallel} = 1.486$  für  $\vec{E} \parallel \vec{c}$  und  $n_{\perp} = 1.658$  für  $\vec{E} \perp \vec{c}$ . Welchen Winkel  $\alpha$  schließen der ordinäre und der extraordinäre Lichtstrahl im Medium ein und in welche Richtung wird der extraordinäre Strahl abgelenkt?



*Tipp:* Bestimmen Sie das Feld  $\vec{D}$  im Kristall und zerlegen Sie es in Komponenten parallel und senkrecht zur optischen Achse  $\vec{c}$ .

### Aufgabe 2: (4 Punkte)

In einem Michelson-Interferometer wird ein Lichtstrahl mit elektrischem Feld  $E(t)$  in zwei gleichstarke Strahlen geteilt, welche nach Durchlaufen verschiedener Arme des Interferometers wieder vereint werden. Einer der Arme kann variabel verlängert werden, so dass das Licht hier eine Zeitverzögerung  $\tau$  im Vergleich zum Arm fester Länge erfährt. Das elektrische Feld am Detektor ist dann  $E_{\text{Det}}(t) = (E(t) + E(t + \tau))/4$  und die gemessene, über die Zeit  $t$  gemittelte Intensität  $I_{\text{Det}}(\tau)$  („Interferogramm“) ist mit einer Konstanten  $a$  gegeben durch



$$I_{\text{Det}}(\tau) = a \cdot \overline{E^2}_{\text{Det}} = \frac{a}{4} \int_{-\infty}^{+\infty} (E(t) + E(t + \tau))^2 dt .$$

Zeigen Sie, dass die Fouriertransformierte von  $I_{\text{Det}}(\tau)$  gerade das Spektrum  $I(\omega) = a \tilde{E}^2(\omega)$  erzeugt, worin  $\tilde{E}(\omega)$  die Fouriertransformierte von  $E(t)$  darstellt. Skizzieren Sie  $I_{\text{Det}}(\tau)$  für den Fall, dass als Lichtquelle ein Laser mit zwei Emissionslinien gleicher Intensität bei den Wellenlängen  $\lambda_1 = 632.8 \text{ nm}$  und  $\lambda_2 = 611.9 \text{ nm}$  verwendet wird.

*Hinweis:* Dieses Prinzip wird insbesondere im Infrarotbereich zur hochauflösenden Spektralanalyse benutzt (FTIR-Spektrometer).

### Aufgabe 3: (4 Punkte)

In einem Experiment wurden Körper der Masse  $m = 100 \text{ g}$  aus Blei, Kupfer und Aluminium auf  $100^\circ\text{C}$  erhitzt und in  $40 \text{ ml}$  Wasser getaucht. Dabei stieg jeweils dessen Temperatur von der Ausgangstemperatur  $T_0$  auf die Endtemperatur  $T_1$ :

	$T_0/^\circ\text{C}$	$T_1/^\circ\text{C}$
Pb	18.8	23.0
Cu	19.1	30.0
Al	20.1	42.0

Bestimmen Sie die spezifischen und molaren Wärmekapazitäten  $c_s$  (in  $\text{J/kg K}$ ) und  $c_M$  (in  $\text{J/mol K}$ )

der Metalle. Für Wasser gilt  $c_{s,H_2O} = 4.187 \text{ J/g K}$ ; die Wärmekapazität des Gefäßes werde vernachlässigt. Vergleichen Sie die Werte mit Literaturwerten sowie mit der Regel von Dulong-Petit.

#### **Aufgabe 4: (4 Punkte)**

Zwei Körper  $K_1$  und  $K_2$  mit Anfangstemperaturen  $T_1 = 60^\circ\text{C}$  und  $T_2 = 20^\circ\text{C}$  tauschen Wärme aus bis sie bei  $T = T_0$  im thermischen Gleichgewicht sind. Ihre inneren Energien seien gegeben durch  $U_i = C T_i$  ( $i=1,2$ ) mit  $C = 4.2 \text{ kJ/K}$ . Zeigen Sie anhand der Entropieänderungen  $\Delta S_i$  der Körper, dass es sich um einen irreversiblen Prozess handelt.

*Tipp:* Bestimmen Sie zunächst die differentiellen Entropieänderungen  $dS_i$  bei konstanter Temperatur und integrieren Sie dann von Ausgangs- zu Endtemperatur.