

## Übungsblatt 9

Ausgabe: 11.12.2018

Abgabe: 18.12.2018, vor 10:00 Uhr

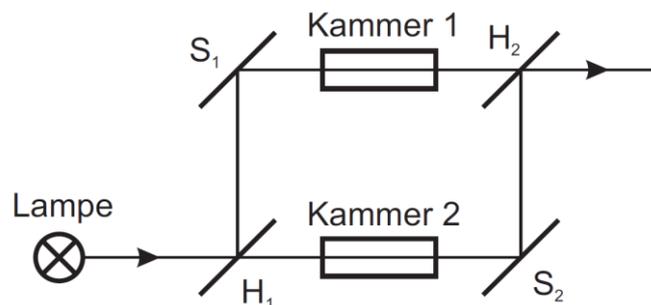
Besprechung: 20.12.2018 (Übungen)

### Aufgabe 1

4 Punkte

Mit einem Mach-Zehnder-Interferometer kann die Brechzahl von Gasen sehr genau bestimmt werden. Der prinzipielle Aufbau ist in der Skizze gezeigt;  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $H_1$  und  $H_2$  bezeichnen Spiegel bzw. halbdurchlässige Spiegel. Die Kammern der Länge  $l = 23$  cm sind mit Luft gefüllt ( $P_0 = 1$  bar), deren Brechzahl  $n$  als Funktion vom Druck  $P$  gegeben ist durch  $n = 1.0 + \alpha P$  mit  $\alpha = 2.8 \cdot 10^{-4} \text{ bar}^{-1}$ .

- Wie viele Hell-Dunkel-Durchgänge können am Ausgang des Interferometers theoretisch beobachtet werden, während eine der beiden Kammern komplett ausgepumpt wird? Die Wellenlänge der Cd-Lampe ist  $\lambda_0 = 644$  nm. **1,5 Punkte**
- Tatsächlich ist die Sichtbarkeit weit schwächer, da Maxima und Minima der Interferenzen verschiedener Frequenzen sich überlagern. Etwa wie viele Hell-Dunkel-Durchgänge können daher beobachtet werden, wenn die spektrale Breite der Cd-Lampe  $\Delta\nu/\nu = 2 \cdot 10^{-2}$  beträgt? Es genügt, wenn Sie zur Abschätzung zwei diskrete Frequenzen mit  $\nu_{1,2} = \nu \pm \Delta\nu/2$  betrachten. **2,5 Punkte**



### Aufgabe 2

4 Punkte

- Um wieviel ändert sich die Gibbs'sche freie Energie  $G$  von Wasser, wenn man es bei Normaldruck von  $20^\circ\text{C}$  auf  $30^\circ\text{C}$  erwärmt? Die Entropie  $S$  beträgt  $70 \text{ J}/(\text{K mol})$ . **2 Punkte**
- Welchen Druck  $P$  muss man (bei konstant gehaltener Temperatur) ausüben, um  $G$  wieder auf seinen Anfangswert zu bringen? **2 Punkte**

Hinweis: Ersetzen Sie zur Lösung der Aufgabe die Gradienten der thermodynamischen Potentiale durch Differenzenquotienten.

### Aufgabe 3

4 Punkte

- a) Zeigen Sie unter Verwendung des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik, dass für die Enthalpie  $H = U + pV$  die in der Vorlesung erwähnte Beziehungen  $V = (\partial H / \partial p)_{S=const}$  und  $T = (\partial H / \partial S)_{p=const}$  gelten. **2 Punkte**
- b) Formulieren Sie den 1. Hauptsatz unter Verwendung der Entropie für irreversible Prozesse als Ungleichung. Verwenden Sie dann diese Ungleichung und die Definition der freien Enthalpie  $G = U + pV - TS$ , um zu zeigen, dass bei irreversiblen Prozessen mit konstantem Druck und konstanter Temperatur  $G$  stets abnimmt. Im Gleichgewicht wird demnach die freie Enthalpie minimal. **2 Punkte**

### Aufgabe 4

7 Punkte

- a) Eine dünne symmetrische Bikonkavlinse (Zerstreuungslinse) aus Glas mit dem Brechungsindex  $n > 1$  hat einen Radius  $r$ . Berechnen Sie die Brennweite  $f_z$ . Welches Vorzeichen hat  $f_z$ ? **1,5 Punkte**
- b) Ein Gegenstand  $G$  befindet sich in einem Abstand  $g$  vor der Linse, wobei gelten soll:  $2|f_z| > g > |f_z|$ . Konstruieren Sie das Bild des Gegenstandes. Zeichnen Sie dazu drei charakteristische Strahlen ein. **1,5 Punkte**
- c) Ist das entstehende Bild reell oder virtuell? **0,5 Punkte**
- d) Ist das Bild aufrecht oder invertiert? **0,5 Punkte**

Nun wird aus der Bikonkavlinse und einer dünnen Bikonvexlinse mit geeigneter Brennweite  $f_s$  ein holländisches (Galileisches) Fernrohr aufgebaut.

- e) In welcher Reihenfolge (vom Gegenstand aus gesehen) und in welchem Abstand zueinander muss man die beiden Linsen positionieren? **1 Punkt**
- f) Berechnen Sie die Vergrößerung  $V = \varepsilon / \varepsilon_0$  des Fernrohrs ( $\varepsilon_0, \varepsilon$ : Einfallswinkel und Ausfallswinkel des Lichts relativ zur optischen Achse). Verwenden Sie dazu die Matrixmethode. **2 Punkte**