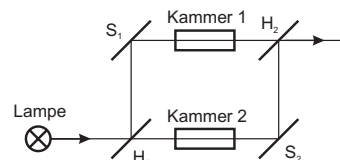


ÜBUNGSAUFGABEN (X)

(Abgabe bis Dienstag, 11.1.2011, 11:20 Uhr; Besprechung am Donnerstag, 13.1.2011)

Aufgabe 1: (4 Punkte)

Mit dem Mach-Zehnder-Interferometer kann die Brechzahl von Gasen sehr genau bestimmt werden (siehe Skizze; S_1 , S_2 , H_1 und H_2 bezeichnen Spiegel bzw. halbdurchlässige Spiegel).



- Die Kammern der Länge $l = 23 \text{ cm}$ sind mit Luft gefüllt ($p = 1 \text{ bar}$). Die Brechzahl von Luft hängt vom Druck ab, und zwar ist $dn/dp = 2.8 \cdot 10^{-4} \text{ bar}^{-1}$. Wie viele Hell-Dunkel-Durchgänge werden beobachtet, während eine der beiden Kammern komplett ausgepumpt wird? Das Licht der verwendeten Cd-Lampe hat die Vakuum-Wellenlänge $\lambda_0 = 644 \text{ nm}$.
- Etwa wie viele Hell-Dunkel-Durchgänge können tatsächlich beobachtet werden, wenn die spektrale Breite der Cd-Lampe $\Delta\nu/\nu = 2 \cdot 10^{-2}$ beträgt? Die Sichtbarkeit wird schwächer, wenn Maxima und Minima der Interferenzen verschiedener Wellenlängen sich überlagern. Nehmen Sie an, dass zu Beginn des Experiments der Gangunterschied zwischen den beiden Teilstrahlen Null ist.

Aufgabe 2: (4 Punkte)

Kalorische Zustandsgleichung $U(T, V)$ und thermische Zustandsgleichung $P(T, V)$ eines beliebigen Systems lassen sich in allgemeiner Weise zueinander in Beziehung setzen. Es gilt

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P.$$

Leiten Sie diese Relation ab, indem Sie zunächst in das totale Differential der Entropie $dS(U, V) = (dU + P dV)/T$ das allgemeine Differential für $U(T, V)$ einsetzen und dann die Integrabilitätsbedingung für dS anwenden. Zeigen Sie dann, dass die innere Energie U für ein Gas mit der Clausius-Zustandsgleichung $P \cdot (V - nb) = nRT$ mit Konstante b nur von der Temperatur abhängt.

Aufgabe 3: (4 Punkte)

Berechnen Sie die maximale Arbeit, die einem unter Überdruck stehenden idealen Gas ($P_1 > P_0$, $T_1 = T_0$) bei konstanten Umgebungsbedingungen (T_0 , P_0) entzogen werden kann, indem Sie nur Anfangs- und Endzustand des Gases betrachten (also *ohne* Annahme spezieller Prozesse bei z.B. isothermen oder adiabatischen Bedingungen).

Aufgabe 4: (4 Punkte)

Zwei gleichartige, gasdichte Behälter A und B sind über einen sehr dünnen Schlauch miteinander verbunden und schließen gemeinsam ein als ideal angenommenes Gas bei konstanter Temperatur T ein. Behälter A steht auf der Erdoberfläche, $z = 0$, und Behälter B in einer Höhe $z = h$. Das Schlauchvolumen sowie die Ausdehnung der Behälter in z -Richtung seien vernachlässigbar („Zwei-Niveau-System“). Das thermische Gleichgewicht für die Verteilung der N Gasteilchen mit N_A Teilchen in A und N_B Teilchen in B erhält man dann durch die Forderung, dass die freie Energie $F = U - T S$ mit der inneren Energie U (inkl. potentieller Energie!) und der Entropie S minimal wird. Bestimmen Sie F als Funktion von N_B und zeigen Sie, dass N_B/N_A im Gleichgewicht durch den Boltzmannfaktor bestimmt wird.

Hinweis: Da T und V konstant sind, können Sie die Entropie S als Funktion allein von der Teilchenzahl ausdrücken.