

Prof. Dr. Kathy Lüdge
Alexander Kraft, Leon Merfort, Dr. S. Mohsen J. Khadem

7. Übungsblatt – Theoretische Physik IV: Thermodynamik und Statistik

Abgabe: Mi. 13.06.2018 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

Aufgabe 17 (1+4+4+4=13 Punkte): *Mischungsentropie*

Betrachten Sie zwei einatomige ideale Gase aus $N_1 \gg 1$ bzw. $N_2 \gg 1$ jeweils ununterscheidbaren Teilchen im Volumen V_1 bzw. V_2 . Beide Gase sind in Kontakt mit einem Wärmebad der Temperatur T . Zwischen ihnen befindet sich eine Trennwand.

- (a) Leiten Sie die Stirling-Formel $\ln N! \approx N(\ln N - 1)$ her.
- (b) Zeigen Sie, dass die Entropie der Gassorte $j \in \{1, 2\}$ gegeben ist durch

$$S_j(N_j, V_j, T) = N_j \left(f_j(T) + k \ln \left(\frac{V_j}{N_j} \right) \right),$$

wobei $f_j(T)$ eine geeignete Funktion ist. Bestimmen Sie diese Funktion, indem Sie zunächst die kanonische Zustandssumme Z_j und daraus die innere Energie U_j berechnen. Die Entropie erhält man dann aus der Freien Energie $F = -kT \ln Z = U - TS$ unter Verwendung der Stirling-Formel.

- (c) Die Teilchensorten 1 und 2 seien für uns **unterscheidbar**. Die Trennwand wird jetzt entfernt, so dass die Teilchen ineinander diffundieren und das Gesamtvolumen $V = V_1 + V_2$ gemeinsam einnehmen. Dabei bleiben die Gase im Kontakt mit dem Wärmebad. Berechnen Sie die bei der Durchmischung erzeugte Entropie des Gesamtsystems in Abhängigkeit von den Teilchenzahlen N_1 , N_2 und $N = N_1 + N_2$ sowie den Drücken $p_1 := N_1 kT / V_1$, $p_2 := N_2 kT / V_2$ und $p := (N_1 + N_2) kT / (V_1 + V_2)$. Vereinfachen Sie das Ergebnis mit Hilfe der Stirling-Formel. Ist die Durchmischung ein reversibler oder ein irreversibler Prozess ?
- (d) Wiederholen Sie den vorangehenden Aufgabenteil unter der Annahme, dass die Teilchensorten 1 und 2 **nicht unterscheidbar** sind. Geben Sie jeweils die Bedingungen an, unter denen der Prozess reversibel bzw. irreversibel abläuft.

Aufgabe 18 (5+2=7 Punkte): *Reversibler Carnot-Kreisprozess*

Betrachten Sie einen reversiblen Kreisprozess aus zwei Isothermen ($dT = 0$) und zwei Adiabaten ($\delta Q = 0$) mit einem idealen Gas.

- (a) Berechnen Sie den Wärme- und den Arbeitsaustausch für jeden der vier Takte und bestimmen Sie aus der Bilanz den Wirkungsgrad des Prozesses.
- (b) Bestätigen Sie das Clausius-Theorem für diesen Prozess durch Berechnung des Integrals $\oint \frac{\delta Q}{T}$.

7. Übung TPIV SS 18

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in 3er Gruppen).
Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Tutorien.
- Bestandene Klausur.

Sprechstunden		
Prof. Dr. Kathy Lüdge	Do, 14:00-15:00	EW 741
Alexander Kraft	Mi, 15:00-16:00	EW 269
Leon Merfort	Mo, 13:00-14:00	ER 240
Dr. S. Mohsen J. Khadem	Fr, 15:00-16:00	EW 267