

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD
 Dr. Anna Zakharova
 Dr. Wassilij Kopylov
 Alexander Kraft

7. Übungsblatt – Theoretischen Physik IV

Abgabe: Di. 13. 06. 2017 bis 12:00 Uhr im Briefkasten am Ausgang des ER-Gebäudes

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in 3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummer und das Tutorium an!

Aufgabe 1 (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 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 TP IV SS 2013

- Vorlesung:**
- Mittwoch 12:15 Uhr – 14:00 Uhr im EW 203.
 - Freitag 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.
- Tutorien:**
- Mo, 14–16 Uhr, EW 229 (Wassilij Kopylov).
 - Mi, 10–12 Uhr, EW 229 (Alexander Kraft).
 - Do, 10–12 Uhr, EW 731 (Anna Zakharova).
- Klausur:**
- Freitag, den 14.07.2017, von 8:00 – 10:00 Uhr im H 3010.
- Scheinkriterien:**
- Mindestens 50% der Übungspunkte.
 - Bestandene Klausur.
 - Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.

Literatur zur Lehrveranstaltung:

Siehe auch Semesterapparat in der Physikbibliothek.

- Friedrich Schlögl: Probability and Heat (Vieweg 1989)
- Franz Schwabl: Statistische Mechanik (Springer 2000)
- Frederick Reif, Wolfgang Muschik: Statistische Physik und Theorie der Wärme
- Wolfgang Nolting: Grundkurs Theoretische Physik Bd. 4 und 6 (Springer)
- Harald Stumpf, Alfred Rieckers: Thermodynamik Bd. I (Vieweg 1976)
- Peter Theodore Landsberg: Thermodynamics and Statistical Mechanics (Paperback 1990)
- Peter Theodore Landsberg (ed.): Problems in Thermodynamics and Statistical Physics
- Jürgen Schnakenberg: Thermodynamik und Statistische Physik (VCH 2000)
- Lew D. Landau, Jewgeni M. Lifschitz: Bd V, Statistische Physik
- Charles Kittel: Physik der Wärme
- Herbert B. Callen: Thermodynamics
- Richard Becker: Theorie der Wärme
- Wolfgang Weidlich: Thermodynamik u. Statistische Mechanik
- Kerson Huang: Statistische Physik

Sprechzeiten:	Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
	Prof. Dr. E. Schöll, PhD		nach Vereinbarung	EW 735	23500
	Dr. Anna Zakharova	Di.	15:00–16:00 Uhr	ER 244	28948
	Dr. Wassilij Kopylov	Mi.	15:30–16:30 Uhr	EW 146	21776
	Alexander Kraft	Di	13–14 Uhr	EW 269	28852