

**6. Übungsblatt – Theoretische Physik IV: Thermodynamik und Statistik 2009**

**Abgabe: Di. 02.06.2009 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude oder online über ISIS**

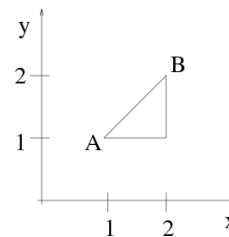
Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Bitte das Tutorium und den Namen des Tutors auf dem Aufgabenzettel angeben! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.

**Aufgabe 13 (7 Punkte): Differenzialformen**

Betrachten Sie die beiden Differenzialformen

$$\omega_1(x, y) = y \, dx - x \, dy \quad \text{und} \quad \omega_2(x, y) = (x^2 + y^2) \, dx + 2xy \, dy.$$

- (a) Zeigen Sie durch Integration von  $\omega_1$  längs der beiden gezeichneten Wege von A nach B, dass  $\omega_1$  kein totales Differenzial sein kann. Rechnen Sie nach, dass  $1/x^2$  ein integrierender Faktor für  $\omega_1$  ist und geben Sie die Funktion  $f_1(x, y)$  an, für die gilt  $1/x^2 \omega_1(x, y) = df_1(x, y)$ .



- (b) Zeigen Sie, dass  $\omega_2$  ein totales Differenzial ist und berechnen Sie zur Probe auch hier die Wegintegrale. Geben Sie ferner die Funktion  $f_2(x, y)$  an, für die gilt  $\omega_2(x, y) = df_2(x, y)$ .
- (c) Ist die Energieänderung durch Wärmezufuhr  $\delta Q$  ein totales Differenzial? Falls nicht, geben Sie einen integrierenden Faktor an und zeigen Sie, dass dieser tatsächlich die Bedingungen für einen integrierenden Faktor erfüllt.

**Aufgabe 14 (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.

- Vorlesung:**
- Donnerstags 10:15 Uhr – 11:45 Uhr im EW 203.
  - Freitags 8:30 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.
- Tutorien:**
- Di. 12–14 Uhr im ER 164 (Martin Kliesch).
  - Di. 14–16 Uhr im EW 226 (Martin Kliesch).
  - Mi. 8–10 Uhr im EW 731 (wechselnd).
  - Mi. 12–14 Uhr im EW 229 (wechselnd).
  - Do. 12–14 Uhr im EW 731 (wechselnd).
- Klausur:**
- Freitag, den 03.07.2009, von 08:00 – 10:00 Uhr im ER 270.
- 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

<b>Sprechzeiten:</b>	<b>Name</b>	<b>Tag</b>	<b>Zeit</b>	<b>Raum</b>	<b>Tel.</b>
	Prof. Dr. E. Schöll, PhD	Mi.	14:30–15:30 Uhr	EW 735	23500
	Stefan Fruhner	Fr.	13:30–14:30 Uhr	EW 627	27681
	Philipp Hövel	Fr.	10:00–11:00 Uhr	EW 633	27658
	Peter A. Kolski	Do.	15:00–16:00 Uhr	EW 627	79863
	Martin Kliesch	Mo.	14:30–15:30 Uhr	EW 217	26232