

## 2. Übungsblatt zur Theoretischen Physik IV

### Entropie, reale und ideale Gase

**Abgabe: Montag 09. 05. 2011** bis 12.00 Uhr in den Briefkasten im Physik-Altbau.

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, der Zettel wird sonst nicht korrigiert! **Abgabe bitte in 3er Gruppen – keine Einzelabgabe.**

#### **Aufgabe 3** (8 Punkte): *Extensivität der Entropie*

Wir betrachten die Entropie  $S(X)$  eines einfachen Stoffes im homogenen Zustand  $X = (U, V, N)$ . Wir ziehen adiabatisch und reversibel eine Wand ein und teilen den Stoff in zwei Systeme (Zustände  $\lambda X$  und  $(1 - \lambda)X$ ). Die Gesamtentropie ändert sich dabei nicht, d.h.

$$S(X) = S(\lambda X) + S((1 - \lambda)X), \quad \lambda > 0. \quad (1)$$

Zeigen Sie mit dieser Gleichung, dass die Entropie extensiv ist, d.h.

$$S(\lambda X) = \lambda S(X). \quad (2)$$

#### **Aufgabe 4** (8 Punkte): *$C_p$ für van-der-Waals Gas*

Ein Mol eines realen Gases (van-der-Waals Gas) genügt der Zustandsgleichung

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT, \quad (3)$$

wobei die innere Energie durch

$$E = cT - \frac{a}{V} \quad (4)$$

gegeben ist. Dabei sind  $a$ ,  $b$  und  $c$  konstante Fitparameter und  $R = N_A k_B = 8.31 \frac{J}{K \text{ mol}}$  ist die Gaskonstante. Zeigen Sie, dass die molare Wärmekapazität bei konstantem Druck durch

$$C_p = c + \frac{R}{1 - \frac{2a}{RTV^3}(V - b)^2} \quad (5)$$

gegeben ist.

#### **Aufgabe 5** (4 Punkte): *Adiabatische Expansion eines idealen Gases*

Betrachten Sie ein adiabatisches Behältnis (ideal isolierende Wände), in welchem sich anfangs ein perfektes Vakuum befinden möge. Durch ein Ventil zur umgebenden Außenatmosphäre mit Luftdruck  $p_0$  und Temperatur  $T_0$  werde sehr langsam Luft in das Behältnis eingelassen, so dass die Prozessführung als quasistatisch angesehen werden kann. Am Ende des Vorganges entspricht der Druck im Behältnis genau dem Außenluftdruck  $p_0$ . Behandeln Sie die Luft als ideales Gas mit konstanten Wärmekapazitäten  $C_p$  und  $C_V$  und zeigen Sie, dass die Temperatur im Behältnis nach dem Gaseinlass durch

$$T = \gamma T_0 \quad (6)$$

gegeben ist, wobei, wie üblich,  $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$  ist.

- **Internetseite der Veranstaltung:** <http://www.tu-berlin.de/?98664>
- **Vorlesung:** Mittwoch 12:00 bis 14:00 Uhr und Freitag 8:00 bis 10:00 Uhr in EW 203
- **Literatur:**
  - Arnold Sommerfeld, *Vorlesungen über Theoretische Physik - Thermodynamik und Statistik*
  - R. Becker, *Theorie der Wärme*
  - Wolfgang Nolting, *Grundkurs Theoretische Physik 4 - spezielle Relativitätstheorie und Thermodynamik*
  - Wolfgang Nolting, *Grundkurs Theoretische Physik 6 - statistische Physik*
  - Norbert Straumann, *Thermodynamik*
  - Herbert B. Callen, *Thermodynamics (1966), Thermodynamics and an introduction to thermostatics (1985)*
- **Tutorien:**
  - Dienstag, 12:00 bis 14:00 Uhr bei Mathias Hayn
  - Mittwoch, 8:00 bis 10:00 Uhr bei Arash Azhand
  - Donnerstag, 12:00 bis 14:00 Uhr bei Philipp Zedler
- **Scheinkriterien:** 50% der Punkte aus den Übungszetteln, aktive Teilnahme an den Tutorien und bestandene Klausur.
- **Sprechstunden:**
  - Prof. Dr. T. Brandes: Mo, 13:00 - 14:00 Uhr in EW 744
  - Philipp Zedler: Mi, 11:00 - 12:00 Uhr EW 711
  - Arash Azhand: Do, 11:00 - 12:00 Uhr in EW 627