

### 3. Übungsblatt zur Theoretischen Physik IV

2. Hauptsatz, Entropie, Maxwell-Relation

**Abgabe: Montag 06.11 2006** bis 13.00 Uhr in den Briefkasten im Physik-Altbau.

**Aufgabe 6** (3 Punkte): *Maximalität der Entropie*

Betrachten Sie zwei anfangs durch eine isolierende, bewegliche Wand getrennte Kammern mit Volumen  $V_1$  und  $V - V_1$  und gleicher Teilchenzahl  $N$  eines idealen Gases im Wärmebad der Temperatur  $T$ . Leiten Sie durch direkte Berechnung der Entropieänderung das Volumen  $V_1$  im Gleichgewichtszustand her.

**Aufgabe 7** (4 Punkte): *Entropieänderung beim Abkühlen/thermischen Kontakt*

Ein 10 kg Kupferblock mit Anfangstemperatur  $100^\circ\text{C}$  wird auf  $10^\circ\text{C}$  abgekühlt. Berechnen Sie die Änderung der Entropie des Blocks und die entsprechende Änderung der Entropie des gesamten Universums in den beiden Fällen, daß das Abkühlen

- reversibel
- irreversibel, durch Einlegen in einen  $10^\circ\text{C}$  warmen See

durchgeführt wird.

Die spezifische Wärmekapazität von Kupfer werde dabei im betrachteten Temperaturbereich als konstant angenommen ( $c = 375 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$ ).

Berechnen Sie desweiteren die Änderung der Entropie des gesamten Universums („Wasser+Wärmebäder“), wenn man 1 kg Wasser von  $20^\circ\text{C}$  auf  $80^\circ\text{C}$  aufheizt, jeweils in den beiden Fällen

- Das Wasser wird durch thermischen Kontakt mit einem  $80^\circ\text{C}$  heißen Wärmebad direkt auf  $80^\circ\text{C}$  aufgeheizt (Einstellung eines thermischen Gleichgewichts zwischen beiden Teilsystemen)
- Das Wasser wird sukzessive in zwei Teilschritten durch Wärmekontakt mit einem  $50^\circ\text{C}$  heißen Wärmebad auf  $50^\circ\text{C}$  aufgeheizt, und anschließend durch Kontakt mit einem  $80^\circ\text{C}$  heißen Wärmebad auf  $80^\circ\text{C}$  aufgeheizt. (Es stelle sich jeweils durch hinreichend langes Abwarten ein thermisches Gleichgewicht zwischen den in Kontakt stehenden Teilsystemen ein.)

**Aufgabe 8** (3 Punkte): *Freie Energie, Maxwell-Relationen*

Betrachten Sie ein vorgespanntes elastisches Band („Gummiband“) der Länge  $l$  mit Anfangsspannung  $\Gamma$ . Das Band werde um die Länge  $dl$  auseinandergezogen, wobei eine Arbeit  $dW = \Gamma dl$  aufgewandt werden muß. Formulieren Sie für dieses Band die fundamentale thermodynamische Gleichung und leiten Sie aus der Definition der Helmholtz'schen freien Energie folgende Maxwell Gleichung her:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial l}\right)_T = -\left(\frac{\partial \Gamma}{\partial T}\right)_l \quad (1)$$

Die Spannung in einem *nicht vorgespannten* Band der Länge  $l_0$  bei Temperatur  $T$  ist durch

$$\Gamma = \frac{RT}{l_0} \left[ \frac{l}{l_0} - \left(\frac{l_0}{l}\right)^2 \right] \quad (2)$$

gegeben. Betrachten Sie die Entropie als Funktion der Temperatur und der Länge und zeigen Sie, dass, unter der Voraussetzung konstanter Wärmekapazität bei konstanter Länge,  $C_l = 3R$ , die Änderung der Entropie zwischen einem Anfangszustand mit Länge  $l_0$ , sowie Temperatur  $T_0$  und einem Endzustand mit Länge  $l$  sowie Temperatur  $T$  durch

$$S - S_0 = 3R \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - R \left[ \frac{1}{2} \left(\frac{l}{l_0}\right)^2 + \frac{l_0}{l} - \frac{3}{2} \right] \quad (3)$$

gegeben ist.

- **Internetseite der Veranstaltung:** <http://www.itp.tu-berlin.de/2580.html>
- **Vorlesung:** Dienstags 10 bis 12 und Donnerstags 8 bis 10 , P-N 203
- **Literatur (siehe Skript):**
  - A. Sommerfeld
  - R. Becker
  - W. Nolting
  - N. Straumann
  - H. B. Callen
- **Tutorien:**
  - Di. 12:15-13:45 P-N 229 Dr. Clive Emary
  - Mi. 10:15-11:45 MA 544 Dipl.-Phys. Ermin Malic
  - Fr. 8:15-9:45 P-N 226 Dr. Frank Elsholz
- **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 P-N 744
  - Dr. Clive Emary: Do, 16:00 - 17:00 Uhr P-N 705
  - Dr. Frank Elsholz: Di, 14:00 - 15:00 Uhr P-N 629
  - Dipl.-Phys. Ermin Malic: Mi. 12:00 - 13:00 Uhr im P-N 152
- **Klausur:** 8. Februar 2007.