

### 3. Übungsblatt zur Theoretischen Physik IV

2. Hauptsatz, Entropie, Maxwell-Relation

Abgabe: Montag 16.05. 2011 bis 12.00 Uhr in den Briefkasten im Physik-Altbau.

#### Aufgabe 6 (6 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 (2+2+2+2=8 Punkte): *Entropieänderung beim Abkühlen/thermischen Kontakt*

Ein  $10\text{kg}$  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  $10^\circ$  warmen See,

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

Berechnen Sie desweiteren die Änderung der Entropie des gesamten Universums („Wasser + Wärmebäder“), wenn man  $1\text{kg}$  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 (6 Punkte): *Freie Energie, Maxwell-Relation*

Betrachten Sie ein vorgespanntes leicht 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 Helmholtzschen Freien Energie folgende Maxwell-Relation her:

$$\left(\frac{dS}{dl}\right)_T = -\left(\frac{d\Gamma}{dT}\right)_l \quad (1)$$

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 Länger,  $C_l = 3R$ , 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.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 thermostatistics (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 (einmal Vorrechnen) 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