Technische Universität Berlin
Institut für Theoretische Physik
Prof. Dr. Tobias Brandes
Dr. Clive Emary
Arash Azhand, Mathias Hayn, Philipp Zedler

9. Mai 2011

www.tu-berlin.de/?98664

4. Übungsblatt zur Theoretischen Physik IV

Entropie, Infinitesimaler Gay-Lussac, Magnetische Systeme

Abgabe: Montag 23. 05. 2011 bis 12.00 Uhr in den Briefkasten im Physik-Altbau.

Aufgabe 9 (3 Punkte): *Infinitesimaler Gay-Lussac Überströmversuch*
Betrachten Sie zwei durch eine kleine Öffnung verbundene Behältnisse mit Volumina V_1 und $V - V_1$, wovon anfangs lediglich das Volumen 1 mit einem Gas gefüllt ist und zweite Volumen ein Vakuum enthält bevor man das Gas durch die kleine Öffnung überstömen läßt. Die innere Energie U des Gesamtsystems ist beim Überströmen konstant. Zeigen Sie, dass für kleine ∂V die Änderungen von Temperatur und Entropie durch

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_U = \frac{1}{C_V}\left[p - T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V\right] \tag{1}$$

und

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U = \frac{p}{T} \tag{2}$$

gegeben sind.

Aufgabe 10 (7 Punkte): *van-der Waals Gas*
Wir wollen nun ein Mol eines van der Waals Gases mit der Zustandsgleichung

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} \tag{3}$$

betrachten.

1. Verwenden Sie die fundamentale thermodynamische Gleichung und eine geeignete Maxwell-Relation, um zu zeigen, daß

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \frac{a}{V^2} \tag{4}$$

gilt. Hierbei beschreibt U, wie üblich, die innere Energie des Gases.

2. Zeigen Sie, daß folglich die Wärmekapazität bei festem Volumen, C_V, nur von der Temperatur, jedoch nicht vom Volumen abhängt: $C_V = C_V(T)$. Am besten zeigen Sie dazu, daß

$$\left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T = 0 \tag{5}$$

Hinweis: Zeigen Sie zunächst, daß $C_V = \left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_V$, da für konstantes Volumen $dW^{\text{rev}} = 0$ ist.

3. Zeigen Sie sodann, daß folglich die innere Energie durch

$$U(T,V) = \int dT C_V(T) - \frac{a}{V} + const \tag{6}$$

gegeben sein muß. Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit dem entsprechenden Ausdruck für ein ideales Gas.

4. Betrachten Sie die Entropie als Funktion von Temperatur von Volumen: $S = S(T,V)$ und zeigen Sie, daß

$$dS = \frac{R}{V-b}dV + \left(\frac{C_V}{T}\right)dT \tag{7}$$

ist.

Bitte Rückseite beachten!⟶

Aufgabe 11 (4 Punkte): *Exponent β*
Berechnen Sie den Exponenten β (siehe Vorlesung) für den Phasenübergang 2. Ordnung im van-der-Waals-Gas.

Aufgabe 12 (6 Punkte): *Magnetische Response-Funktion*
Beweisen Sie für magnetische Systeme (H Magnetfeld, M Magnetisierung)

$$\chi_T \left(C_H - C_M\right) = T\alpha_H^2. \tag{8}$$

- **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