Technische Universität Berlin – Institut für Theoretische Physik
http://www.tu-berlin.de/?124064

19. Oktober 2012

Prof. Holger Stark (Sprechstunde: Fr 11:30-12:30 in EW 709)
Maximilian Schmitt (Sprechstunde: Do 10:00-11:00 in EW 708)

1. Übungsblatt – Statistische Physik

Abgabe/Vorrechnen: Di. 30.10.2012 im Tutorium (10:15-11:45 H 0112)

Zum Übungsbetrieb:
Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche M und schriftliche S Aufgaben. Die Kriterien für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte (Zweierabgabe).
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.

M **Aufgabe 1**: *Euler and Gibbs-Duhem Equations*

Die innere Energie ist eine homogene Funktion 1. Grades bzgl. S, V, N:

$$U(\lambda S, \lambda V, \lambda N) = \lambda U(S, V, N)$$

für beliebiges λ. Verwenden Sie diese Eigenschaft um

(a) die Euler-Gleichung herzuleiten

$$U = TS - PV + \mu N, \tag{2.7}$$

(b) die Gibbs-Duhem-Gleichung herzuleiten

$$SdT - VdP + Nd\mu = 0. \tag{2.8}$$

S **Aufgabe 2 (5 Punkte):** *Gleichgewichtsbedingungen*

Betrachten Sie einen Behälter mit konstantem U, V, N , der durch eine impermeable, fest verankerte und isolierende Wand in zwei Teile getrennt wird. Die Zustandsgrößen in den beiden Teilen lauten $U^{(1)}$, $V^{(1)}$, $T^{(1)}$, ... sowie $U^{(2)}$, $V^{(2)}$, $T^{(2)}$, ...

(a) Zeigen Sie, dass im Gleichgewicht $T^{(1)} = T^{(2)}$, wenn die Wand wärmeleitend ist.

(b) Zeigen Sie, dass im Gleichgewicht $T^{(1)} = T^{(2)}$ und $P^{(1)} = P^{(2)}$, wenn die Wand wärmeleitend und beweglich ist.

(c) Zeigen Sie, dass im Gleichgewicht $T^{(1)} = T^{(2)}$ und $\mu^{(1)} = \mu^{(2)}$, wenn die Wand wärmeleitend und permeabel ist.

(d) Zeigen Sie für die wärmeleitende Wand, dass wenn $T^{(1)} > T^{(2)}$ (also das System nicht im Gleichgewicht ist), Wärme von Behälter (1) nach (2) fließt. Was passiert, wenn die Wand wärmeleitend und permeable ist und $T^{(1)} > T^{(2)}$ und $\mu^{(1)} > \mu^{(2)}$?

M **Aufgabe 3**: *Helmholtz Freie Energie und maximale Arbeit*
Zeigen Sie: Die Änderung der Helmholtz Freien Energie ΔF entspricht bei isothermen Prozessen, bei denen außerdem die Teilchenzahl konstant bleibt, der maximalen Arbeit ΔW, die ein System verrichten kann:

$$|\Delta W| \leq (-\Delta F) \ . \tag{2.16}$$

S **Aufgabe 4 (5 Punkte):** *Antwortkoeffizienten*

(a) Zeigen Sie, dass

$$TdS = Nc_P dT - TV\alpha dP \ ,$$

mit dem thermischen Ausdehungskoeffizient α, der molare spezifischen Wärme bei konstantem Druck bzw. Volumen c_p, c_v und der isothermen Kompressibilität κ.

(b) Beweisen Sie damit die folgende Relation:

$$c_P = c_V + \frac{TV\alpha^2}{N\kappa_T}. \tag{2.27}$$