

Prof. Dr. Kathy Lüdge
Alexander Kraft, Leon Merfort, Dr. S. Mohsen J. Khadem

6. Übungsblatt – Theoretische Physik IV: Thermodynamik und Statistik

Abgabe: Mi. 06.06.2018 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

Aufgabe 14 (1+4=5 Punkte): Gibbs'sche freie Energie

Gegeben sei die innere Energie $U = U(S, V, N)$ mit $dU = TdS - pdV + \mu dN$ eines einfachen Stoffes (z.B. Gas)

- (a) Erklären Sie kurz die in dU auftretenden Größen. Gehen Sie kurz auf die Bedeutung von μ ein.
- (b) Gibbs'sche freie Energie
 - (i) Bestimmen Sie mithilfe von U die Gibbs'sche freie Energie $G = G(T, p, N)$.
 - (ii) Zeigen Sie, dass für das Differential dG folgende Beziehung gilt: $dG = -SdT + Vdp + \mu dN$.
 - (iii) Was ergeben die Ableitungen nach natürlichen Variablen? Wie lauten die zugehörigen Maxwell-Relationen?
 - (iv) Zeigen Sie ausgehend von der Homogenitätsrelation $G(T, p, \lambda N) = \lambda G(T, p, N)$ die Gibbs-Duhem-Relation $G(T, p, N) = \mu N$.

Aufgabe 15 (3+4=7 Punkte): Freie Energie, Maxwell-Relation

Betrachten Sie ein vorgespanntes leicht elastisches Band („Gummiband“) der Länge l mit Anfangsspannung Γ . Das Band werde um die Länge dl auseinandergezogen, wobei eine Arbeit $dW = \Gamma dl$ aufgewandt werden muss.

- (a) Formulieren Sie für dieses Band die fundamentale thermodynamische Gleichung und leiten Sie aus der Definition der Helmholtz'schen Freien Energie folgende Maxwell-Relation her:

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

- (b) 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, $C_l = \left(\frac{\delta Q}{dT}\right)_l = 3R$, 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.

6. Übung TPIV SS 18

Aufgabe 16 (1+7=8 Punkte): Spinsystem

Gegeben sei ein System von N nicht wechselwirkenden Teilchen mit dem Spin $1/2$. Alle anderen Freiheitsgrade der Teilchen sollen im Folgenden nicht betrachtet werden. Es kann sich beispielsweise um ortsfeste paramagnetische Zentren in einem Ionenkristall handeln. In einem Magnetfeld der Induktion B besitzt jedes dieser Teilchen zwei Energieniveaus $\pm\mu_B B$ (μ_B Bohrsches Magneton). Das betrachtete System sei in Kontakt mit einem Wärmebad der Temperatur T .

- (a) Berechnen Sie die Zustandssumme Z_N des Systems.
- (b) Berechnen Sie daraus die Gibbssche freie Energie $G(T, B)$, die Entropie $S(T, B)$, die Magnetisierung $M(T, B)$, die innere Energie $U(T, B)$, sowie die magnetische Suszeptibilität $\chi(T, B) \equiv (\partial M / \partial H)_T$. Diskutieren Sie die Abhängigkeit der berechneten Größen von der Temperatur T .

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in 3er Gruppen).
Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Tutorien.
- Bestandene Klausur.

Sprechstunden		
Prof. Dr. Kathy Lüdge	Do, 14:00-15:00	EW 741
Alexander Kraft	Mi, 15:00-16:00	EW 269
Leon Merfort	Mo, 13:00-14:00	ER 240
Dr. S. Mohsen J. Khadem	Fr, 15:00-16:00	EW 267