Universität Leipzig
Institut für Theoretische Physik
Prof. Dr. K. Kroy

WS 2014/15

Theoretische Physik III
Thermodynamik und statistische Mechanik

---

4. Übungsblatt

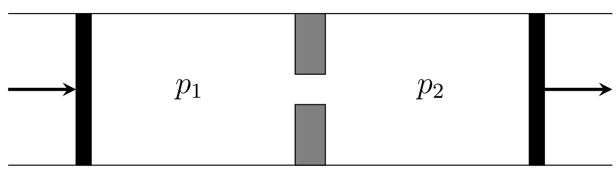
Aufgabe 7: *Konkavität und Konvexität* **(6 Punkte)**

a) Berechnen Sie für das einatomige, ideale Gas die Entropie $S(U, V, N)$ und die innere Energie $U(S, V, N)$ in ihren natürlichen Variablen, ausgehend von den Zustandsgleichungen $U = 3Nk_\mathrm{B}T/2$ und $pV = Nk_\mathrm{B}T$. Nutzen Sie dabei die Homogenität von S aus. Skizzieren Sie S und U als Funktionen ihrer natürlichen Variablen (wobei Sie jeweils zwei konstant halten) und prüfen Sie die Kurvenverläufe auf Konkavität und Konvexität. (5P)

b) Zeigen Sie ganz allgemein anhand der thermischen Stabilität der Materie, dass $U(S, V)$ als Funktion von S konvex sein muss. (1P)

Aufgabe 8: *Joule-Thomson-Prozess* **(6 Punkte)**

Beim Joule-Thomson-Prozess wird ein Gas gedrosselt (adiabatisch gegen einen konstanten äußeren Druck) entspannt.



Drossel

a) Für eindimensionale akustische Phononen mit quadratischer Dispersionsrelation gelten die Zustandsgleichungen $p = U/V$ und $T = 3BU^{2/3}/(NV)^{1/3}$, wobei $B = \mathrm{const} > 0$. Zeigen Sie, dass der dritte Hauptsatz erfüllt ist, also $\lim_{T\to 0} S(T, p) = \lim_{T\to 0} S(T, V) = \mathrm{const}\ (\equiv 0)$ gilt. (2P)

b) Betrachten Sie den Joule-Thomson-Prozess für die in a) beschriebenen Phononen und berechnen Sie die Endtemperatur T_f bei Anfangstemperatur T_i, Anfangsdruck p_i, sowie Enddruck p_f. Argumentieren Sie, dass Sie dazu einen isenthalpen reversiblen Ersatzprozess betrachten können. (1.5P)

c) Zeigen Sie, dass für den Joule-Thomson-Koeffizienten, $\delta \equiv (\partial T/\partial p)_H$,

$$\delta = \frac{1}{C_p}\left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p - V\right]$$

gilt. Den Vorzeichenwechsel von δ nennt man Inversion. (1.5P)

d) Berechnen Sie δ für ein einatomiges, ideales Gas. (1P)

gesamt: 12 Punkte

Abgabe: **Do. 06.11.**, vor der Vorlesung
Die mit * gekennzeichneten Aufgaben sind Zusatzaufgaben und gehen nicht in die reguläre Wertung ein.