

Theoretische Physik III

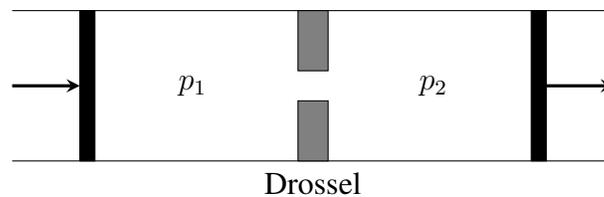
Thermodynamik und statistische Mechanik

6. Übungsblatt

Aufgabe 12: *Joule-Thomson-Prozess*

(6 Punkte)

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



- a) Für eindimensionale akustische Phononen mit quadratischer Dispersionsrelation gelten die Zustandsgleichungen $p = U/V$ und $T = 3BU^{2/3}/(NV)^{1/3}$, wobei $B = \text{const} > 0$. Zeigen Sie, dass der dritte Hauptsatz erfüllt ist, also $\lim_{T \rightarrow 0} S(T, p) = \lim_{T \rightarrow 0} S(T, V) = \text{const} (\equiv 0)$ 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 noch einmal δ für ein einatomiges, ideales Gas. (1P)

Aufgabe 13: Magnet**(5 Punkte)**

Das magnetische Analogon zur Volumenarbeit $\delta W = -pdV$ ist $\delta W = \mu_0 V H dM$. Betrachten Sie nun ein magnetisches Material mit den thermodynamischen Variablen Temperatur T , Magnetfeld H und Magnetisierung M . Der Druck p und das Volumen V seien konstant und sind für das Folgende irrelevant.

- a) Die innere Energie $U = U(T, M)$ sei bekannt, ferner eine Zustandsgleichung in der Form $M = M(T, H)$ gegeben. Formulieren Sie mit diesen Angaben die Differenz der Wärmekapazitäten, $C_H - C_M$. (1P)

- b) Bringen Sie das Ergebnis aus Teilaufgabe a) auf die folgende Form,

$$C_H - C_M = \mu_0 V T \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_H^2 \left(\frac{\partial M}{\partial H} \right)_T^{-1},$$

mit Hilfe geeigneter Maxwell-Relationen. (2P)

- c) Benutzen Sie zur expliziten Berechnung von $C_H - C_M$ die Zustandsgleichung eines Weiß-Ferromagneten (für kleine H , $M \geq 0$),

$$H = \frac{1}{a}(T - T_c)M + bM^3,$$

wobei a , T_c und b positive Konstanten sind. Folgern Sie aus dem Ergebnis, dass in diesem Fall $C_H/C_M > 1$ für $T \rightarrow T_c^{(-)}$ gilt. (2P)

gesamt: 11 Punkte

Abgabe: **Mi. 25.11.**, vor der Vorlesung

Die mit * gekennzeichneten Aufgaben sind Zusatzaufgaben und gehen nicht in die reguläre Wertung ein.