

Übungen in *Statistische Physik*

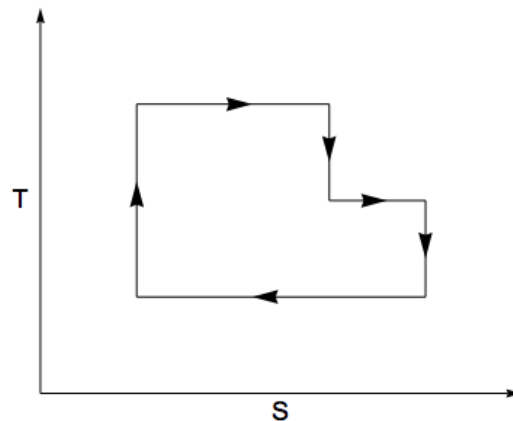
Übungsblatt 8

Bitte geben Sie Ihre Lösungen am **Dienstag, den 18.06.2019** in der Vorlesung ab.

1)

10 Punkte

Eine zyklische Wärmemaschine wird durch das gezeigte TS -Diagramm beschrieben. Zeigen Sie, dass diese Wärmemaschine nicht so effizient ist wie eine Carnot-Maschine, die zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur des beschriebenen Zyklus arbeitet.



2)

15 Punkte

Gegeben seien zwei Systeme R_1 und R_2 mit den Temperaturen T_1 und T_2 ($T_2 > T_1$) sowie den Wärmekapazitäten C_1 und C_2 . Die Systeme seien gegenüber der Umgebung thermisch isoliert. Das Ziel der Aufgabe ist es einen Prozess zwischen den beiden Systemen zu finden, durch den die Temperatur des kälteren Systems maximal erhöht wird. Bestimmen Sie dazu zu den folgenden zwei Prozessen die Temperaturerhöhung des kälteren Systems.

- i) Die beiden Teilsysteme stehen in direktem thermischen Kontakt und tauschen Wärme aus bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist.
- ii) Eine Carnot-Maschine nutzt die beiden Teilsysteme als (endliches) Wärme- bzw. Kältereservoir und verrichtet Arbeit bis beide Reservoirs die gleiche Temperatur haben. Die verrichtete Arbeit wird gespeichert und kann am Ende vollständig einem der beiden Teilsysteme als Wärme zugeführt werden.
- iii) Können Sie sich einen alternativen noch besseren Prozess vorstellen?

3)

15 Punkte

Der Joule-Thompson (JT) Effekt spielt eine wichtige Rolle in der Thermodynamik von Gasen und wird industriell ausgenutzt um Gase abzukühlen bzw. zu verflüssigen. Ein strömendes Gas wird durch eine poröse Membran geleitet. Dadurch steigt der mittlere Abstand der Gasteilchen, d.h. das Gas expandiert und kühlt dadurch ab. Zur Vereinfachung kann man annehmen, dass sich das Gas vor (T_1, p_1) und hinter (T_2, p_2) der Drosselung im Gleichgewicht befindet und das Gesamtsystem thermisch isoliert ist. Zeigen Sie, dass die Expansion durch die Drosselung dann isenthalpisch erfolgt. Der JT-Koeffizient beschreibt nun die Temperaturänderung eines Gases beim Durchlaufen des beschriebenen Prozesses und ist definiert als

$$\mu_{JT} = \left. \frac{\partial T}{\partial p} \right|_H.$$

Zeigen Sie mit Hilfe der gelernten Methoden zur Herleitung thermodynamischer Relationen, dass

$$\mu_{JT} = \frac{V}{C_p}(\alpha T - 1).$$

Berechnen Sie den JT-Koeffizienten für ein ideales Gas. Welches Vorzeichen würden Sie erwarten für ein reales Gas bei hohen bzw. niedrigen Temperaturen? Begründen Sie ihre Erwartung und erläutern Sie die physikalischen Konsequenzen.



4)

5 Punkte

- i) Formulieren Sie in wenigen Worten den 3. Hauptsatz der Thermodynamik und begründen Sie dessen Validität aus der Sicht der quantenmechanischen statistischen Physik.
- ii) Betrachten Sie ein ferromagnetisches Material, das aus N Atomen mit Spin s besteht (z.B. $s = 1/2$ für ein ungepaartes Elektron pro Atom). Berechnen Sie die Entropie S des Systems für $T = 0$ unter der Annahme, dass keine Anisotropien vorhanden sind. Widerspricht das Ergebnis Ihrer Formulierung des dritten Hauptsatzes? Falls ja, wie können Sie Ihre Formulierung des 3. Hauptsatzes verbessern?