

Übungen zur Theoretischen Physik F SS 10**Prof. Dr. G. Schön**
Dr. J. Cole**Blatt 1**
Besprechung 23.04.2010

1. Ideales Gas:

(4 + 2 + 2 = 8 Punkte)

Für ein ideales Gas aus N Teilchen (Molekülen) mit f Freiheitsgraden pro Molekül lauten die Zustandsgleichungen

$$U = \frac{f}{2}NkT, \quad PV = NkT.$$

- (a) Betrachten Sie eine *adiabatische* Zustandsänderung bei konstanter Teilchenzahl, und zeigen Sie über den 1. Hauptsatz, dass gilt:

$$PV^{(f+2)/f} = \text{const.}, \quad VT^{f/2} = \text{const.}$$

- (b) Betrachten Sie die isotherme Expansion (von V_1 nach V_2) des Gases in Kontakt mit einem Reservoir bei Temperatur T . Was ist die Wärme Q , die in das Gas fließt.
- (c) Diskutieren Sie den Carnot'sche Kreisprozess (mit $T_2 > T_1$) für ein ideales Gas. Zeigen Sie die Äquivalenz der Kelvin-Temperatur-Skala mit der idealen Gas-Skala, indem sie zeigen, dass der Wirkungsgrad η_c gegeben ist durch

$$\eta_c = 1 - T_1/T_2.$$

2. Entropie des idealen Gases:

(5 + 2 + 2 + 3 = 12 Punkte)

Für ein ideales Gas gilt:

$$U = \frac{f}{2}NkT, \quad PV = NkT.$$

(a) Berechnen Sie daraus die Entropie

$$S(U, V, N) = S_0 \frac{N}{N_0} + Nk \left[\frac{f}{2} \ln \left(\frac{U}{U_0} \right) + \ln \left(\frac{V}{V_0} \right) - \frac{f+2}{2} \ln \left(\frac{N}{N_0} \right) \right]$$

wobei S_0, U_0, V_0, N_0 Integrationskonstanten sind.

Hinweis:

Zeigen Sie zunächst, dass

$$ds = \frac{1}{T} du + \frac{P}{T} dv \quad \text{mit} \quad s = S/N, u = U/N, v = V/N.$$

Eliminieren Sie dazu das chemische Potenzial unter verwendung von

$$TS = U + PV - \mu N.$$

(b) Warum verletzt das ideale Gas den 3. Hauptsatz der Thermodynamik?

(c) Lösen Sie $S(U, V, N)$ nach U auf. Zeigen Sie dass für die innere Energie als Funktion von S, V und N gilt:

$$U(S, V, N) = U_0 \cdot \frac{N}{N_0} \cdot \left(\frac{NV_0}{VN_0} \right)^{2/f} \cdot \exp \left\{ \frac{2}{fk} \left(\frac{S}{N} - \frac{S_0}{N_0} \right) \right\}.$$

(d) Berechnen Sie aus $U(S, V, N)$ die Helmholtzsche freie Energie $F(T, V, N)$.