



3. Übung

1. Van-der-Waals-Gas:

Ein monoatomares Gas ($N = \text{konst.}$) werde durch die Van-der-Waals'sche-Zustandsgleichung

$$p = p(T, \mathcal{V}) = \frac{RT}{\mathcal{V} - b} - \frac{a}{\mathcal{V}^2}, \quad \mathcal{V} = \frac{V}{N} = \text{Molvolumen} \quad (1)$$

beschrieben. Die positiven Konstanten a und b werden phänomenologisch als effektives Molvolumen $\mathcal{V}' = \mathcal{V} - b$ bzw. b als molares Eigenvolumen und die Druckkorrektur $p' = \frac{a}{\mathcal{V}^2}$ als Binnendruck eines realen Gases gedeutet; insgesamt kann man Gl. (1) als modifizierte ideale Gasgleichung anzusehen: $p = \frac{RT}{\mathcal{V}'} - p' = \frac{NRT}{V'} - p'$.

- Bestimmen Sie die Temperaturänderung des Van-der-Waals-Gases bei quasistatischer, adiabatischer Expansion (wir nehmen $C_V = \text{konst}$ an).
- Berechnen Sie den Ausdehnungskoeffizienten $\alpha = \frac{1}{\mathcal{V}} (\partial V / \partial T)_p$ als Funktion von p und \mathcal{V} .
- Beim Joule-Thomson-Prozeß werde ein Van-der-Waals-Gas durch einen porösen Stopfen (Drossel) gepreßt. Dabei ist $\delta Q = 0$ und $dU = \delta A$, sodaß die Enthalpie H konstant bleibt. Die Temperaturänderung für $dH = 0$ ist durch den Joule-Thomson-Koeffizienten (isenthalpischer Spannungskoeffizient)

$$\chi_H = \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_H = \frac{V}{C_p} (T\alpha - 1) \quad (2)$$

gegeben. Das Vorzeichen von χ_H bestimmt, ob es in diesem Prozeß zu einer Abkühlung oder zu einer Erwärmung kommt.

Bestimmen Sie die durch $\chi_H = 0$ definierte Inversionstemperaturkurve $T = T(\mathcal{V})$ und den dazugehörigen Druck $p = p(T)$ für das Van-der-Waals-Gas. Skizzieren und diskutieren Sie die Kurve $p(T)$.

2. Ideale Wärmekraftmaschine:

Eine ideale Wärmekraftmaschine möge zwischen zwei Wärmereservoirs mit temperaturunabhängigen Wärmekapazitäten C_1 und C_2 arbeiten. Die Anfangstemperaturen seien T_1^a und $T_2^a < T_1^a$. Bei welcher Temperatur T^e kommt der Prozeß zum Stillstand und welche Arbeit A wird gewonnen? Diskutieren Sie den Wirkungsgrad η der Maschine.

– bitte wenden –

3. Thermodynamische Prozeßführungen und Carnotscher Kreisprozeß:

- a) Ein monoatomares ideales Gas werde quasistatisch und adiabatisch komprimiert (Anfangsvolumen V_a , Endvolumen $V_e < V_a$). Welche Arbeit A muß dabei verrichtet werden und wie ändern sich dabei die Temperatur und der Druck?

Betrachten Sie den gleichen Prozeß bei isothermer Prozeßführung nach Ankopplung des Systems an ein Wärmebad. Wie groß ist nun die erforderliche Arbeit und welche Wärmemenge wird an das Bad abgeführt?

- b) Ein monoatomares ideales Gas werde quasistatisch und isotherm von V_a auf $V_e = \lambda V_a$ expandiert ($\lambda > 1$). Bestimmen Sie die während des Prozesses aufgenommene Wärmeenergie ΔQ . Geben Sie ΔQ in Joule (J) an, wenn der Prozeß bei Raumtemperatur und mit $\lambda \simeq 2.7$ durchgeführt wird.

- c) Verfolgen Sie die 4 Zustandsänderungen (Schritte), die beim (reversiblen) Carnotschen Kreisprozeß auftreten, explizit an einem Arbeitssystem bestehend aus 1 Mol eines monoatomaren idealen Gases.

Skizzieren Sie das (p, V) -Diagramm und verifizieren Sie die Formel für den Wirkungsgrad: $\eta = 1 - T^</T^>$.