



Thermodynamik, SS 2014

Vorlesung: Prof. Dr. L. Schimansky-Geier

Übungen: Dr. A. Straube

URL: <http://people.physik.hu-berlin.de/~straube> (→ Teaching → SS 2014 Thermo)

Übungsblatt 3: Van-der-Waals-Gas und Kreisprozesse

Ausgabe: 12.05.2014

Abgabe: bis (einschl.) 19.05 (Schubfach vor Raum NEW 15, 3'411)

1. Aufgabe (7 Punkte) Van-der-Waals-Gas

Beim idealen Gas werden die idealisierten Annahmen, dass die Moleküle keine Eigenvolumina besitzen und dass die Teilchen nicht miteinander wechselwirken, gemacht. Diese Einschränkungen sind nur im Grenzfall kleiner Teilchendichten für reale Gase anwendbar. Durch den Ansatz $p_{\text{eff}} V_{\text{eff}} = nRT$ kann das ideale Gas-Gesetz verallgemeinert werden.

- (a) Leiten Sie die Zustandsgleichung des van-der-Waals Gases her und begründen Sie dabei die Existenz der zusätzlich auftretenden Terme

$$\left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right) (V - nb) = nRT.$$

- (b) Zeigen Sie die Existenz des kritischen Punktes und zeichnen Sie das pV -Diagramm für das van-der-Waals Gas für die verschiedenen auftretenden Fälle.

- (c) Formulieren Sie die Zustandsgleichung mittels der reduzierten Größen

$$\pi = \frac{p}{p_c}, \quad v = \frac{V}{V_c}, \quad t = \frac{T}{T_c}.$$

- (d) Berechnen Sie die innere Energie $U(T, V)$.

- (e) Berechnen Sie die Differenz der Wärmekapazitäten $C_p - C_V$, den isobaren thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten α , den isochoren Druckkoeffizienten β und die isotherme Kompressibilität κ_T .

2. Aufgabe (3 Punkte)

Betrachten Sie eine beliebige Wärmekraftmaschine, die zwischen zwei Wärmereservoirs, welche eine temperaturunabhängige Wärmekapazität c besitzen, arbeitet. Die Reservoirs besitzen anfänglich die Temperaturen T_1 und T_2 , wobei $T_2 > T_1$. Die Maschine arbeitet solange bis sich in beiden Reservoirs die gleiche Endtemperatur T_3 eingestellt hat.

- (a) Beweisen Sie, dass $T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$ gelten muss.

- (b) Was ist die maximale Arbeit, die von der Maschine geleistet werden kann.

[bitte wenden]

3. Aufgabe (3 Punkte)

Ein ideales Gas expandiert adiabatisch von (p_1, V_1) nach (p_2, V_2) . Danach wird das Gas bis zum Zustand (p_2, V_1) isobar komprimiert. Abschließend wird beim isochoren Prozess der Druck auf p_1 erhöht. Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad für diesen Prozess durch

$$\eta = 1 - \gamma \frac{V_2/V_1 - 1}{p_1/p_2 - 1} \quad (\gamma = C_p/C_V)$$

gegeben ist.

4. Aufgabe (fakultativ, wird nicht bewertet)

Betrachten Sie eine für die Gebäudeheizung ideal arbeitende Wärmepumpe (inverse Carnot-Maschine), wobei die Atmosphäre als Wärmequelle benutzt wird. Die Temperatur des Gebäudes beträgt T und die Außentemperatur T_0 . Nehmen Sie an, dass: a) die Pumpe die Leistung W hat und b) das Gebäude Wärme mit der Rate $\alpha(T - T_0)$, $\alpha = \text{const}$, verliert. Bestimmen Sie die Gleichgewichts-Temperatur des Gebäudes.