

Übungsblatt TD 2

E2/E2p Thermodynamik, Prof. Braun, SoSe 2020

Reale Gase und Zustandsdiagramme

Mündliche Aufwärmfragen: Haben Sie gut aufgepaßt?

Welchen Phasenübergang kann die Van der Waals-Gleichung erklären? Wird eine Flüssigkeit kritisch, wenn $T < T_c$, aber dafür $p > p_c$? Was versteht man unter Tripelpunkt? Wo liegt dieser für Wasser? Was ist ein Partialdruck?

Aufgaben zum Vorrechnen

1. Thermische Energie

Rechnen Sie die gesamte thermische Energie eines Liters (a) Helium (b) Luft bei Raumtemperatur und atmosphärischen Druck aus. (c) Vergleichen Sie mit einem Gramm Blei (Molmasse 207g). Nehmen Sie jeweils vereinfachend an, daß alle Freiheitsgrade auch thermisch angeregt sind.

2. Freiheitsgrad von Wasserdampf.

Listen sie alle Freiheitsgrade von Wasserdampf auf. Nehmen Sie wiederum an, daß die Temperatur hoch genug sei, daß alle Freiheitsgrade auch angeregt seien.

3. Van der Waals Gleichung.

a) Leiten Sie die Einheiten der Größen a und b in der Van der Waals Gleichung her (mittel)

b) Der Wert für Wasserdampf liegt bei etwa $b = 6 \times 10^{-29} \text{ m}^3$. Vergleichen Sie diesen Wert mit der Größe eines Wassermoleküls. (mittel)

c) Für N_2 findet man $a = 4 \times 10^{-49} \text{ J m}^3$. Drücken Sie die Größe in $\text{eV} \cdot \text{Å}^3$ aus, um verstehbare Zahlen zu erhalten (10eV ist Größenordnung von Atomanregungsenergien, $\text{Å} = 10^{-10} \text{ m}$ die Größenskala von Atomen.) (mittel)

4. a) Lösen Sie die Van der Waals-Gleichung nach p auf und vollziehen Sie nach, daß der kritische Punkt mit den Kriterien $dp/dV=0$ und $dp^2/dV^2=0$ an der folgenden Position liegt (ruhig auch mit symbolischen Rechenprogrammen à la Mathematica, Solve oder Maple lösen!):

$$kT_C = \frac{8a}{27b} \quad p_C = \frac{1}{27} \frac{a}{b^2} \quad V_C = 3Nb$$

- b) Führen Sie die dimensionslosen Variablen $t=T/T_C$, $P=p/p_C$, $v=V/V_C$ mit dem kritischen Punkt bei T_C , p_C und V_C ein. Transformieren Sie die Van der Waals-Gleichung auf die Variablen t, P, v . Sie werden sehen, daß die Abhängigkeiten zu a und b verschwinden. Dies ist ein typisches Verfahren, mit dem sich theoretische Physiker viel Schreibarbeit sparen. Nun ist z.B. viel einfacher ersichtlich, daß der kritische Punkt bei $t=P=v=1$ liegt. (knifflig)
5. (knifflig) Bei einer Knallgasreaktion $H_2 + 1/2 O_2 \implies H_2O$ wird unter Standardbedingungen eine Enthalpie von $\Delta H = -286 \text{ kJ}$ pro mol frei. Wieviel dieser Energie kommt von der kollabierenden Atmosphäre und nicht von der internen Energie der Moleküle? Nehmen Sie bei der Berechnung an, daß im Vergleich zum Gas das Wasservolumen vernachlässigbar ist ($V_{H_2O} = 0$).