Übungsblatt 2
E2 Wärmelehre

Besprechung ab Do 1.5.
Reale Gase, Zustandsdiagramme und Spezifische Wärme

1. Van der Waals Gleichung (2 Studenten rechnen vor: a-d & e).
   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 $b=6x10^{-29}m^3$. Vergleichen Sie diesen Wert mit der Größe eines Wassermoleküls. (mittel)
   c) Für N_2 findet man $a=4x10^{-49}$ Jm^3. Drücken Sie die Größe in eV*Angström³ aus, um verstehbare Zahlen zu erhalten (10eV ist Größenordnung von Atomanregungsenergien, Angström=10^{-10}m die Größenskala von Atomen.) (mittel)
   d) Lösen Sie die 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!):

   $$kT_C = \frac{8a}{27b} \qquad p_C = \frac{1}{27}\frac{a}{b^2} \qquad V_C = 3Nb$$ (3 Punkte)

   e) 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)

2. (mittel) Wir kochen Spaghetti. Die Wärmekapazität von Spaghetti ist etwa 1.8 J/(gK) und ihre Temperatur 20°C. Wenn man 250g Spaghetti in 1.5 liter kochendes Wasser (4.2 J/gK) gibt, um wieviel kühlt sich das Wasser ab, bevor der Herd wieder weiter Wärme zuführt?

3. (knifflig) Berechnen Sie die Wärmekapazität von Wasser pro Wassermolekül (Kapazität 4.2J/gK, Molmasse 18g/mol). Nehmen Sie (inkorrekt) an, daß die thermische Energie in den allen quadratischen Energiethermen gespeichert ist. Wieviele dieser Freiheitsgrade müßte ein Wassermolekül haben? Diskutieren Sie!

4. (mittel) Warum sollte man C_p eigentlich Enthalpie-Kapazität nennen? Zeigen Sie, daß für ein ideales Gas gilt:

   $$C_p = \frac{\partial H}{\partial T}$$

   (bei festgehaltenem Druck; Enthalpie H=U+pV)

5. (knifflig) Bei einer Knallgasreaktion $H_2 + 1/2\ O_2 ==> H_20$ wird unter Standardbedingungen eine Enthalpie von $\Delta H=-286kJ$ pro mol frei. Wieviel dieser Energie kommt von der internen Energie der Moleküle und wieviel von der kolabierenden Atmosphäre ? Nehmen Sie in guter Näherung im Vergleich zum Gas das Wasservolumen mit $V_{H20}=0$ an. Überprüfen Sie diese Näherung.