

THEORETISCHE PHYSIK IV: STATISTISCHE MECHANIK UND THERMODYNAMIK

6. Übungsblatt

Abgabedatum: Freitag, 6.6.08 in den Übungen

Aufgabe 6.1 (*Ideales Gas*)**(10 Punkte)**

Beim Beheizen eines Zimmers bleibe der Luftdruck konstant (gleich dem Druck der Außenluft). Berechne für ein Zimmer mit 100 m^3 Rauminhalt, wie sich innere Energie und Entropie der Luft im Zimmer ändern, wenn diese von 0°C auf 20°C erwärmt wird.

Hinweis: Betrachte die Luft in dem Zimmer als ein ideales Gas. Benutze, dass die Entropie eine extensive Zustandsgröße ist. Die Entropie/Mol von Luft bei 1 atm und 0°C beträgt $S = 196\text{ J}/(\text{mol K})$.

Aufgabe 6.2 (*Zustandsgleichung des Photonengases*)**(10 Punkte)**

Das klassische ideale Gas genügt der bekannten Zustandsgleichung $pV = NkT$. Für ein Gas aus nichtwechselwirkenden Photonen gilt hingegen $pV = E/3$. Diese Gleichung können wir an dieser Stelle noch nicht herleiten. Die wichtigsten Eigenschaften dieses Gases lassen sich aber aus der Zustandsgleichung ableiten.

- (a) Nehme an, dass die Energiedichte $u = E/V$ nur von der Temperatur abhängt. Zeige, dass für dieses Gas das Stefan-Boltzmann-Gesetz $u = \sigma_0 T^4$ ($\sigma_0 = \text{const.}$) folgt. (5 Punkte)

Hinweis: Betrachte $\left.\frac{\partial E}{\partial V}\right|_T$ und benutze die Maxwell-Relation zwischen $\left.\frac{\partial S}{\partial V}\right|_T$ und $\left.\frac{\partial P}{\partial T}\right|_V$, um eine Differentialgleichung für $u(T)$ zu erhalten.

- (b) Berechne die Entropie des Photonengases. Wie groß ist der Exponent in der Adiabatangleichung $pV^\gamma = \text{const.}$? (5 Punkte)

Aufgabe 6.3 (*Van-der-Waals Gas*)**(10 Punkte)**

In der Vorlesung wurde die van-der-Waals'sche Zustandsgleichung hergeleitet, welche auch in folgender Form geschrieben werden kann

$$p(V) = \frac{NkT}{V - Nb} - a\frac{N^2}{V^2} \quad (1)$$

- (a) Bestimme den kritischen Punkt (p_c, V_c) und die kritische Temperatur T_c aus der Bedingung $p'(V) = p''(V) = 0$. (3 Punkte)

- (b) Wenn man die Zustandsgleichung in den dimensionslosen Größen $\tau = T/T_c$, $\nu = V/V_c$ und $\pi = p/p_c$ schreibt, ist es möglich, die Konstanten a und b zu eliminieren. Drücke hierzu zunächst a und b durch T_c , V_c und p_c aus und schreibe die van-der-Waals Gleichung in den neuen Variablen τ, ν und π . (3 Punkte)

- (c) Berechne aus der Zustandsgleichung (1) die freie Energie F , die Entropie S und die innere Energie U des van-der-Waals Gases. (Die Ergebnisse des idealen Gases können als bekannt vorausgesetzt werden.) (4 Punkte)