Theoretische Physik IV – Thermodynamik

1. Erläutern Sie den Versuch von Gay-Lussac, sein Ergebnis und welche Aussage sich daraus ableitet! Für welche Art von Arbeitsmedien ist der Versuch zutreffend? Wie müsste der Gay-Lussac-Versuch für ein van der Waals-Gas verlaufen? Nutzen Sie dazu auch die entsprechende Zustandsgleichung sowie die Volumen-Relation der inneren Energie, die aus dem 2.Hauptsatz folgt (Formeln)! Bestimmen Sie die Entropieänderung ΔS, die bei dem Versuch auftritt!

2. Untersuchen Sie die folgenden beiden Beziehungen zwischen den thermodynamischen Größen S (Entropie), U (innere Energie), N (Teilchenzahl) und V (Volumen) daraufhin, ob sie mit den Hauptsätzen und Grundeigenschaften der genannten Größen wie Skalenverhalten, Temperatureigenschaft und Verhalten bei Annäherung an den Temperaturnullpunkt im Einklang stehen!

   I) $U = aVN(1 + b\frac{S}{N})\exp(-b\frac{S}{N})$

   II) $U = a\frac{N^{5/3}}{V^{2/3}} + b\frac{S^2}{V^{2/3}N^{1/3}}$

   Dabei sind a und b positve konstante Parameter.

3. Skizzieren Sie das Phasendiagramm von Wasser und benennen Sie darin seine wesentlichen Eigenschaften mit kurzen Erläuterungen!

4. Berechnen Sie die Kompressibilität κ_T für ein van der Waals-Gas durch direkte Ableitung der Zustandsgleichung (empfohlen nach V)! Diskutieren Sie anhand einer Skizze von Isothermen, warum und wo die Zustandsgleichung von van der Waals physikalisch nicht richtig sein kann.

5. Bei einer Stirlingschen Luftmaschine (Stirling-Motor) wird ein Kreisprozess entlang zweier Isothermen ($T_1 < T_2$) und zweier Isochoren ($V_1 > V_2$) durchgeführt. Skizzieren Sie für diesen Prozess das $T-V-$ und das $p-V-$Diagramm! Berechnen Sie für den Stirlingschen Kreisprozess bei richtigem Umlaufsinn den Wirkungsgrad η und vergleichen Sie mit einer Carnot-Maschine, die zwischen den gleichen Isothermen arbeitet!

6. Bestimmen Sie aus dem thermodynamischen Potenzial der „inneren Energie“ des idealen Gases (Formeln) seine freie Energie!

7. Finden Sie mit Hilfe der Volumen-Relation der inneren Energie entsprechend dem 2. Hauptsatz und der Zustandsgleichung $p = \frac{1}{3}bT^4$ der Hohlraumstrahlung einen Ausdruck für ihre innere Energie $U(T,V)$. (b konstant)

Formeln

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

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \qquad \frac{dp}{dT} = \frac{q_{12}}{T(v_2 - v_1)}$$

$$U(S,V,N) = NC_VT_0\left(\frac{N_0V}{NV_0}\right)^{1-\gamma}\exp\left[\frac{S}{NC_V} - \frac{\sigma}{C_V}\right] \qquad \text{(ideales Gas)}$$