

Allgemeine Hinweise: Aufgaben 4 und 5 sind als Hausaufgabe zu bearbeiten und in den dafür vorgesehenen Kästen im 5. Stock, Geb. 46 abzugeben.

Aufgabe 4. (6 Punkte)

Der *isobare Ausdehnungskoeffizient* α und die *isotherme Kompressibilität* κ werden wie folgt definiert: (machen Sie sich das anschaulich klar!)

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p, \quad \kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T. \quad (1)$$

Experimentell werden folgende Abhängigkeiten von der Temperatur T und dem Volumen V gefunden:

$$\alpha = \frac{kV^2(V - Nb)}{kTV^3 - 2aN(V - Nb)^2}, \quad (2)$$

$$\kappa = \frac{V^2(V - Nb)^2}{NkTV^3 - 2aN^2(V - Nb)^2}, \quad (3)$$

wobei a und b Konstanten seien. Für große T und V und konstantes N verhalte sich die Substanz wie ein ideales Gas. Leiten Sie die thermische Zustandsgleichung $p = p(V, T)$ der Substanz ab.

Aufgabe 5. (6 Punkte)

Für eine homogene Substanz (Photonengas) gelten die folgenden Zustandsgleichungen:

$$U(V, T) = 3AVT^4, \quad p(V, T) = AT^4. \quad (4)$$

- (a) Man berechne die Wärmekapazitäten C_V und C_p . Wie kann das Resultat für C_p auch ohne Rechnung erhalten werden?
- (b) Man drücke die infinitesimale zugeführte Wärme dQ durch dT und dV aus, d.h. man berechne in $dQ = f(V, T)dT + g(V, T)dV$ die Funktionen $f(V, T)$ und $g(V, T)$. Man zeige explizit, dass T ein integrierender Nenner von dQ ist und berechne die Funktion S mit $dS = \frac{dQ}{T}$.

Aufgabe 6.

Die freie Energie einer stromdurchflossenen Spule mit ideal paramagnetischem Kern ist gegeben durch

$$F(T, \Phi) = \frac{\Phi^2}{2L(T)} + F_0(T) \quad (5)$$

$$L(T) = a + \frac{b}{T}. \quad (6)$$

Φ ist der magnetische Fluss, L die Induktivität (verallgemeinerte Kraft), a und b zwei positive Konstanten, und es gilt $\frac{d^2F_0}{dT^2} < 0$.

- (a) Man berechne die Entropie $S(T, I)$, wobei I der durch die Spule fließende Strom ist, sowie die Wärmekapazitäten C_Φ und C_I .
- (b) Man bestimme die isotherme Entropie- und Wärmeabgabe beim Einschalten des Stromes.
- (c) Man berechne die kleine isentrope Temperaturänderung beim Abschalten des Stromes (magnetische Kühlung).