

*Allgemeine Hinweise:* Die mit 🏠 gekennzeichneten Aufgaben sind als Hausaufgabe zu bearbeiten und im OLAT Kurs hochzuladen.

🏠 **Aufgabe 4.** (6 Punkte)

Der *isobare Ausdehnungskoeffizient*  $\alpha$  und die *isotherme Kompressibilität*  $\kappa$  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? Die Wärmekapazitäten sind als  $C_\mu \equiv T \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_\mu$  definiert, wobei ( $\mu = V, p$ ).
- (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

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

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

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

- (a) Man berechne die Entropie  $S(T, I)$ , wobei  $I$  der durch die Spule fließende Strom ist, sowie die Wärmekapazitäten  $C_\Phi$  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).