Thermodynamik und Statistische Mechanik

Prof. F. Wegner, Universität Heidelberg, SS02

10. Übungsblatt, Abgabetermin: 9.7.02

P12. Phasenübergang

In einem (μ, T)-Diagramm kreuzen sich zwei Kurven, welche zu zwei unterschiedlichen Phasen bei konstantem Druck P gehören, bei einer Temperatur T_c. Welche der beiden Phasen existiert für $T < T_c$ bzw. $T > T_c$? Für $T = T_c$ befinden sich beide Phasen im Gleichgewicht. Ist die Übergangswärme $\Delta Q = T\Delta S$ positiv, negativ oder Null?

P12. Phase Transition

In a (μ, T)-diagram two curves, which belong to different phases at constant pressure, intersect at the temperature T_c. Which of the two phases does exist for $T < T_c$ and $T > T_c$ respectively? For $T = T_c$, the two phases are in equilibrium. Is the transition heat $\Delta Q = T\Delta S$ positive, negative or naught?

H26. Osmotischer Druck

Betrachten Sie ein klassisches, ideales Gas der Energie E, das aus zwei verschiedenen Teilchensorten A und B besteht.

a) Berechnen Sie die Entropie $S(E, V, N_A, N_B)$ für dieses Teilchengemisch. Bestimmen Sie daraus durch Legendre-Transformation die freie Energie $F(T, V, N_A, N_B)$. (2 Punkte)

b) Die beiden Gase befinden sich zunächst in zwei Hälften eines Gefäßes, getrennt durch eine Membran, die nur für die Teilchenkomponente A durchlässig ist. Berechnen Sie den osmotischen Druck $\Delta p = p_1 - p_2$, der im Gleichgewicht auf die Membran wirkt. (2 Punkte)

H26. Osmotic Pressure

Consider a classical ideal gas with energy E which consists of two kinds of particles A and B.

a) Evaluate the entropy $S(E, V, N_A, N_B)$ for this medley of particles. With that, determine the free energy $F(T, V, N_A, N_B)$ by means of Legendre transformation. (2 points)

b) Both gases are initially confined in two parts of a container, separated by a membran which can only be crossed by the particle component A. Calculate the osmotic pressure $\Delta p = p_1 - p_2$ which acts on the membran in equilibrium. (2 points)

H27. Entropie und Magnetfeld

Der Energieerhaltungssatz für einen magnetischen Festkörper im homogenen Magnetfeld H lautet

H27. Entropy and Magnetic Field

The conservation of energy for a magnetic solid state in a homogeneous magnetic field H is given by

$$dE = TdS - MVdH \quad .$$

Dabei ist M die Magnetisierung und V das Volumen der Probe. Im folgenden setzen wir $V = 1$. Zwischen M und H bestehe der Zusammenhang $M = \chi H$, wobei die Suszeptibilität χ für $T > T_c$ dem Curie-Gesetz $\chi = C/T$ mit der Konstanten $C > 0$ genüge. Wie ändert sich die Entropie des Festkörpers, wenn das Magnetfeld bei der Temperatur $T > T_c$ von $H = 0$ auf $H = H_0$ erhöht wird? (Hinweis: Zeigen Sie, daß $(\partial S/\partial H)_T = (\partial M/\partial T)_H$ gilt.) (3 Punkte)

M denotes the magnetization and V the volume of the specimen. In the following we set $V = 1$. Between M and H, the relation $M = \chi H$ holds where the susceptibility χ obeys the Curie law $\chi = C/T$ with the constant $C > 0$ for $T > T_c$. How does the entropy of the solid state change if the magnetic field is raised from $H = 0$ to $H = H_0$ at a temperature $T > T_c$? (Hint: Show that $(\partial S/\partial H)_T = (\partial M/\partial T)_H$ holds.) (3 points)

H28. Adiabatische Kühlung

Betrachten Sie den paramagnetischen Festkörper aus H27. Werden anschließend an die isotherme Magnetisierung der Körper wärmeisoliert und das Magnetfeld quasistatisch verkleinert, so gilt für die Temperaturänderung

H28. Adiabatic Cooling

Consider the paramagnetic solid state of H27. If after the isothermal magnetization the specimen is heat insulated and the magnetic field is quasistatically reduced, the change of temperature is given by

$$\left(\frac{\partial T}{\partial H}\right)_S = -\frac{T}{C_H}\left(\frac{\partial M}{\partial T}\right)_H \quad , \quad C_H = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_H \quad .$$

Beweisen Sie obige Gleichung. Was gilt für das Vorzeichen von $(\partial T/\partial H)_S$? Bestimmen Sie $(\partial T/\partial H)_S$ für den Curie-Paramagneten aus H27 explizit. Wie kann man also einen Paramagneten stark abkühlen? (3 Punkte)

Prove the above equation. What is the sign of $(\partial T/\partial H)_S$? Determine $(\partial T/\partial H)_S$ for the Curie paramagnet of H27 explicitly. How can you cool a paramagnet down to low temperatures? (3 points)