Abgabetermin: Donnerstag, 15.01.2009, in der Vorlesung

Aufgabe 26: Supraleiter bei kritischer Temperatur T_c (4 Punkte)

Bringt man einen Supraleiter in ein Magnetfeld $\mathbf{H}$, so zeigt dieser den sogenannten Meißner–Ochsenfeld–Effekt, d.h. (abgesehen von einer zu vernachlässigenden Randschicht) ist in seinem Inneren die magnetische Induktion $\mathbf{B} = \mu_0\mathbf{H} + \mathbf{M} = 0$. Überschreitet $\mathbf{H}$ eine von der Temperatur abhängige, kritische Feldstärke $\mathbf{H}_c$, findet ein Phasenübergang in den normalleitenden Zustand statt. In guter Näherung gilt ($\mathrm{H} = |\mathbf{H}|$, T_c: Sprungtemperatur, $\alpha = \text{const.}$)

$$\mathrm{H}_c(T) = \mathrm{H}_0 \left[1 - (1-\alpha)\left(\frac{T}{T_c}\right)^2 - \alpha\left(\frac{T}{T_c}\right)^4 \right].$$

(a) Berechnen Sie die Umwandlungswärme beim Phasenübergang mit Hilfe der Clausius–Clapeyron–Gleichung.

(b) Welche Gestalt hat die Funktion $\mathrm{H} = \mathrm{H}(\mathrm{M})$ mit $\mathrm{M} = |\mathbf{M}|$?

(c) Klassifizieren Sie den Phasenübergang.

Aufgabe 27: Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung (4 Punkte)

Berechnen Sie mit der Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung den wahrscheinlichsten, den mittleren und den mittleren quadratischen Geschwindigkeitsbetrag für ein Teilchen eines idealen Gases im thermischen Gleichgewicht. Berechnen Sie einen dieser Werte für das Wasserstoffgas bei einer Temperatur von 300 K.

Aufgabe 28: Van der Waals-Gleichung und mikroskopische Wechselwirkung (freiwillig, 2 Punkte)

Die ideale Gasgleichung verändert sich durch Wechselwirkung der Teilchen zu $pV = NkT + \frac{1}{3}W_i$, wobei das innere Virial W_i gegeben ist durch $W_i = \frac{1}{2}N\int_0^\infty rK(r)n(r)4\pi r^2 dr$. $K(r) = -d\varphi/dr$ ist die Kraft auf ein herausgegriffenes Teilchen herrührend von einem Teilchen im Abstand r und $n(r)4\pi r^2 dr$ ist die mittlere Anzahl der Teilchen in einer Kugelschale der Dicke dr um das herausgegriffene Teilchen. Bei starker Verdünnung gilt näherungsweise: $n(r) = \frac{N}{V}\exp(-\varphi(r)/kT)$ mit dem Kraftpotenzial $\varphi(r)$.
Berechnen Sie unter der Annahme $\varphi(r)/kT >> 1$, für $r < d$, und $|\varphi(r)|$ klein gegen kT, für $r > d$, die Konstanten a und b der van der Waals-Gleichung.
Interpretieren Sie das Resultat.