

Theorie der Kondensierten Materie I WS 2017/2018

Prof. Dr. A. Mirlin, PD Dr. I. Gornyi
Dr. N. Kainaris, Dr. S. Rex, J. KlierBlatt 14
Besprechung 08.02.2018**1. Supraleiter im Magnetfeld** (10+5=15 Punkte)

- (a) Bestimmen Sie die Pauli-Spin-Suszeptibilität eines BCS-Supraleiters als Funktion der Temperatur ausgedrückt durch ein Integral. Analysieren Sie die Pauli-Spin-Suszeptibilität für $T \gg T_c$ und $T \ll T_c$. Diese Rechnung kombiniert Aspekte der Berechnung der Wärmekapazität in Supraleitern sowie der Spinsuszeptibilität des normalen Zustandes aus der Vorlesung.
- (b) Leiten Sie das Temperaturverhalten der Londonschen Eindringtiefe $\lambda_L(T)$ in der Nähe der kritischen Temperatur T_c her. Dazu soll zunächst der Ausdruck für die Dichte der supraleitenden Elektronen n_s in der Nähe von T_c berechnet werden.

2. Meißner-Effekt (5+5 = 10 Punkte)

Betrachten Sie eine unendlich ausgedehnte, supraleitende Platte der Dicke d in einem statischen homogenen Magnetfeld, welches parallel zur Oberfläche der Platte ist.

- (a) Bestimmen Sie die Magnetfeldverteilung in der Platte.
- (b) Berechnen Sie die mittlere Magnetisierung der Platte als Funktion von d .

3. Kritischer Strom (9+6+10 = 25 Punkte)

Betrachten Sie einen unendlich langen zylinderförmigen Draht mit dem Radius R . Ein Strom, der durch den supraleitenden Draht fließt, erzeugt das Magnetfeld außerhalb des Drahtes. Wenn dieses Feld den kritischen Wert an der Oberfläche des Drahtes erreicht, wird die Supraleitfähigkeit zerstört.

- (a) Berechnen Sie die Stromdichteverteilung im Inneren des Drahtes. Finden Sie die Verteilung des magnetischen Feldes außerhalb des Drahtes.
- (b) Bestimmen Sie den kritischen Strom im Draht. Ist es besser einen dicken Draht oder viele dünne Drähte (mit dem gleichen Gesamtquerschnitt wie der dicke Draht) zu verwenden um eine höhere kritische Stromstärke zu erreichen?
- (c) In der Vorlesung wurde das Temperaturverhalten des kritischen Magnetfeldes in der Nähe der kritischen Temperatur T_c mit

$$H_c(T) = 1.735 H_c(T = 0) (1 - T/T_c) \quad (1)$$

angegeben. Leiten Sie Gl. (1) her. Berechnen Sie damit den kritischen Strom durch einen Bleidraht mit $R = 1 \text{ mm}$, $T_c = 7.2 \text{ K}$ und $H_c(T = 0) = 800 \text{ Oe}$ für $T = 4.2 \text{ K}$.

4. Bonusaufgabe: Ginzburg-Landau-Theorie (10 Bonuspunkte)

Betrachten Sie den Ordnungsparameter $\psi(\mathbf{r}) = |\psi(\mathbf{r})| \exp[i\phi(\mathbf{r})]$ mit $|\psi(\mathbf{r})| = \psi_0 + \zeta(\mathbf{r})$. Analysieren Sie die Erwartungswerte der Fluktuationen $\langle [\phi(\mathbf{q})]^2 \rangle$ und $\langle [\zeta(\mathbf{q})]^2 \rangle$ im Fourier-Raum mit Hilfe der Ginzburg-Landau-Theorie.