

13. Übung zur Einführung in die Festkörperphysik WS '12

Ausgabe: 18.1.2013

Abgabe: bis 25.1.2013, 10:15 Uhr, Kästen 246-250

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Magnetische Suszeptibilität von Kupfer

3 Punkte

Unter der Voraussetzung, dass das Elektronengas eines Metalls in guter Näherung einem freien Elektronengas entspricht, liefert dieses praktisch einen temperaturunabhängigen Beitrag

$$\chi_{mol}^{el} = z \cdot N_A \frac{\mu_0 \mu_B^2}{E_F}$$

zur gesamten molaren Suszeptibilität¹ des Festkörpers. Dabei stellt z die Zahl der Valenzelektronen des Festkörpers dar.

- Wie hoch ist der Beitrag χ_{mol}^{el} für Kupfer mit $E_F = 7$ eV in der Näherung freier Elektronen?
- Die magnetische Suszeptibilität eines Metalls enthält neben dem paramagnetischen Anteil χ_{mol}^{el} des Elektronengases auch noch einen diamagnetischen Anteil, welcher auf die abgeschlossenen Schalen der Ionenrümpfe zurückzuführen ist. Schätzen Sie die gesamte magnetische Suszeptibilität von Kupfer ab, indem Sie den Beitrag der Ionenrümpfe unter Verwendung des Wertes $\chi_{mol}^{Rumpff} \approx -15 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{mol}$ für Cu^{2+} in ionischen Verbindungen berücksichtigen. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem experimentellen Wert $\chi_{mol} = -6,91 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{mol}$.

Aufgabe 2: Makroskopisches magnetisches Feld

3 Punkte

Ellipsoidförmige Proben sind die einzigen Körper, welche in einem homogenen externen Magnetfeld \vec{H}_{ext} eine ebenfalls homogene Magnetisierung \vec{M} aufweisen. Als Folge dieser Magnetisierung resultiert im Probeninneren ein makroskopisches magnetisches Feld der Stärke

$$\vec{H} = \vec{H}_{ext} + \vec{H}_N,$$

mit einem dem externen Feld entgegengerichteten Entmagnetisierungsfeld

$$\vec{H}_N = -N\vec{M}.$$

Die Größe N wird als Entmagnetisierungsfaktor des Körpers bezeichnet und hängt von der jeweiligen Probengeometrie ab.

- Berechnen Sie für den Fall einer linearen Magnetisierungskurve $\vec{M} = \chi\vec{H}$ die Stärke des makroskopischen magnetischen Feldes \vec{H} sowie der magnetischen Flussdichte \vec{B} im Probeninneren in Abhängigkeit von der Stärke des extern angelegten Feldes \vec{H}_{ext} .
- Bei einer experimentellen Bestimmung der Magnetisierungskurve oder der magnetischen Suszeptibilität einer Substanz kann nur die Stärke des extern angelegten Magnetfeldes \vec{H}_{ext} direkt gemessen werden, beispielsweise mit Hilfe einer am Polschuh des Magneten befestigten Hallsonde. Man erhält aus diesem Grund anstelle der gewünschten Messgrößen $M(H)$ und $\bar{\chi} = M/H_{ext}$. Geben Sie den Zusammenhang zwischen $\bar{\chi}$ und χ an. Ergibt sich bei der Untersuchung dia- und paramagnetischer Proben ein merklicher Fehler, wenn der Unterschied zwischen H_{ext} und H vernachlässigt wird?

¹Die molare Suszeptibilität gibt die Suszeptibilität pro molarer Massendichte an mit der Einheit $[\text{m}^3/\text{mol}]$

Aufgabe 3: Curie-Weiss-Gesetz**3 Punkte**

Die magnetische Suszeptibilität von Ferromagneten lässt sich durch das Curie-Weiss-Gesetz beschreiben:

$$\chi = \frac{C}{T - T_c} .$$

Geben Sie in Analogie zur Herleitung des oben gezeigten Gesetzes aus der Molekularfeld-Näherung eine Herleitung für das folgende Gesetz an, welches die Temperaturabhängigkeit der Suszeptibilität von Anti-Ferromagneten beschreibt:

$$\chi = \frac{C}{T + T_N} .$$

Dabei bezeichnet T_N die Néel-Temperatur. In welcher Größenordnung liegen typische Werte für T_N ?