

Übungsblatt 5

Magnetismus der Leitungselektronen und magnetische Wechselwirkung

Themen für Kurzvorträge

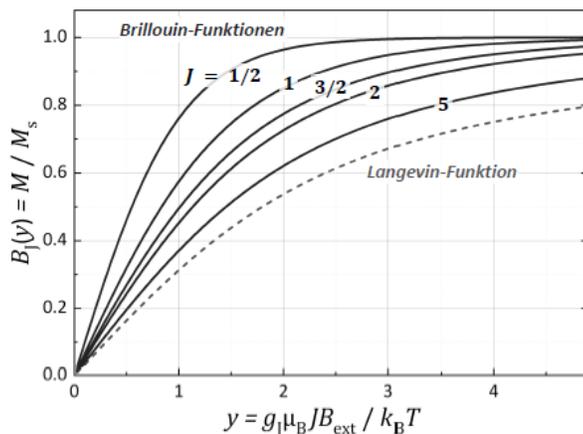
- a) Landau-Zylinder (GM: S.454-456, [9.7.1 erste Hälfte])

1. Wiederholungs-Aufgaben

- a) Beschreiben Sie in einem Satz die Effekte des Pauli-Paramagnetismus und von Landau-Diamagnetismus.
b) Wie groß ist die „Fermi Temperatur“ typischerweise für Metalle?
c) Erklären sie mit Hilfe dieses Konzepts warum der Pauli-Paramagnetismus im Gegensatz zum Langevin Paramagnetismus temperaturunabhängig ist.
d) Was dominiert für ein freies Elektronengas, wenn man lediglich Landau-Diamagnetismus und Pauli-Paramagnetismus betrachtet?

2. Brillouin Funktion

In der Vorlesung haben wir bereits gesehen, dass sich die Abhängigkeit der Magnetisierung mit dem Gesamtspin verändert:



Hierfür ist die sogenannte Brillouin Funktion ausschlaggebend.

(a) Diskutieren Sie den mittleren Wert $\langle m_j \rangle$ der magnetischen Quantenzahl in einem äußeren Feld B_{ext} . Geben Sie ihn dazu zunächst als Funktion der Zustandssumme an und setzen Sie diese dann ein.

(Hinweis: benutzen Sie die Identität: $Z = \sinh(\frac{2J+1}{2J} \cdot y) / \sinh(\frac{1}{2J} \cdot y)$, mit $y = Jx = g_J \mu_B J B_{ext} / k_B T$).

Benutzen Sie abschließend die Definition der Brillouin Funktion aus der Vorlesung.

(b) Leiten Sie einen Ausdruck für die Magnetisierung $M(x)$ als Funktion des angelegten Magnetfeldes und der Temperatur ab und diskutieren Sie den Verlauf von M . Entwickeln Sie die Funktion $M(x)$ nach der Größe $x = g_J \mu_B B_{ext} / k_B T$ für $x \ll 1$ und für $x \gg 1$.

3. Magnetische Dipol-Dipol Wechselwirkung

Um Ferromagnetismus in einem Festkörper zu erklären, muss es einen Wechselwirkungsmechanismus zwischen Spins geben. In dieser Aufgabe wollen wir schauen, ob dies durch die magnetische Dipol-Dipol-Wechselwirkung, die Sie bereits aus der Elektrodynamik kennen, entstehen kann. Die potentielle Energie zwischen zwei magnetischen Dipolen μ_1 und μ_2 ist gegeben durch:

$$E_{DD} = -\frac{\mu_0 \mu_1 \mu_2}{4\pi r^3} [3(\mathbf{S}_1 \cdot \hat{r})(\mathbf{S}_2 \cdot \hat{r}) - \mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{S}_2]$$

- Drücken Sie die Energie als effektives Magnetfeld aus, das auf einen der Spins wirkt.
- Berechnen Sie die maximale Stärke des Magnetfelds, das von einem Atom mit dem magnetischen Moment $\mu_1 = \mu_B$ an der Stelle eines benachbarten Atoms (nur nächster Nachbar) erzeugt wird am Beispiel von Eisen (Fe hat ein bcc-Gitter mit $a = 2.866 \text{ \AA}$).
- Vergleichen Sie die maximale Energie der Dipol-Dipol-Wechselwirkung mit der thermischen Energie der Dipole bei der Curie-Temperatur von Eisen.