

Übungen zur Vorlesung Festkörperphysik 2 WS 2019/20

Serie 1

Aufgabe 1 *Kleiner, homogener Körper im inhomogenen Magnetfeld*

Berechnen Sie die Kraft auf einen kleinen homogenen Körper (Volumen $V = 1 \text{ cm}^3$, Suszeptibilität $\chi = 10^{-6}$) in einem räumlich inhomogenen Magnetfeld! Das Magnetfeld lasse sich als Kombination eines homogenen Felds B_0 und eines Feldgradienten dB/dz beschreiben ($B_0 \text{ dB}/dz = 10 \text{ T}^2/\text{m}$). Ein Ausgangspunkt zur Lösung dieser Aufgabe ist die Energiedichte eines Magnetfeldes in Materie mit Permeabilitätszahl μ :

$$\frac{E_{\text{mag}}}{V} = \frac{\mu}{2} H B = \frac{\mu}{2\mu_0} B^2.$$

Aufgabe 2 *Dipol-Dipol-Wechselwirkung*

Ein magnetischer Dipol \mathbf{m} im Ursprung eines Koordinatensystems erzeugt in seiner Umgebung die magnetische Feldstärke

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3(\mathbf{m} \cdot \mathbf{r})\mathbf{r} - r^2\mathbf{m}}{r^5}.$$

Wie groß ist Stärke des Felds, das ein Atom am Ort eines Nachbaratoms erzeugt? Das atomare magnetische Moment betrage näherungsweise $|\mathbf{m}| = m \approx \mu_B$. Die Atome sollen Teil eines kubisch-raumzentrierten Gitters mit der Gitterkonstanten $a = 2.9 \text{ \AA}$ ($\approx \text{Fe}$), sein. Vergleichen Sie die Dipol-Dipol-Wechselwirkungsenergie mit der thermischen Energie der Dipole bei einer Curie-Temperatur von rund 1000 K .

Aufgabe 3 *Makroskopisches magnetisches Feld*

Die von einer homogenen magnetischen Erregung H_{ext} in einer Probe hervorgerufene Magnetisierung M ist nur dann homogen, wenn die Probe ellipsoidförmig ist. Mit M ist ein makroskopisches magnetisches Feld der Stärke $H = H_{\text{ext}} + H_N$ im Probeninnern verbunden. Das sogenannte Entmagnetisierungsfeld H_N ist dem externen Feld entgegengerichtet, $H_N = -NM$. N heißt Entmagnetisierungsfaktor des Körpers und wird durch die Probengeometrie bestimmt.

Nehmen Sie eine lineare Magnetisierungskurve, $M = \chi H$ an und berechnen Sie für diesen Fall H und B im Probeninnern als Funktionen von H_{ext} .

Experimentell ist beim Messen einer Magnetisierungskurve oder einer magnetischen Suszeptibilität nur H_{ext} unmittelbar zugänglich (z. B. durch Einsatz einer Hallsonde). Statt $M(H)$ misst man also $M(H_{\text{ext}})$ und erhält nicht unmittelbar $\chi = M/H$ sondern $\tilde{\chi} = M/H_{\text{ext}}$. Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen χ und $\tilde{\chi}$! Für welche Materialklassen (dia-, paramagnetisch, supraleitend) ist der Fehler, den man bei Nichtbeachten dieses Unterschieds macht, relevant?