

Magnetismus und Supraleitung

(20 Punkte)

- a) Betrachten Sie einen Festkörper in einem externen Magnetfeld H , welches in Z-Richtung zeigt. Geben Sie die Richtung der Magnetisierung M des Festkörpers für die folgenden drei Fälle an:

- i) diamagnetisches Verhalten
- ii) paramagnetisches Verhalten
- iii) ferromagnetisches Verhalten.

(3 Punkte)

- b) Atomare magnetische Dipole können quasiklassisch als Ergebnis von Kreisströmen der Elektronen betrachtet werden. Zeigen Sie, dass für das Dipolmoment m infolge der Kreisbewegung eines Elektrons um den Kern gilt:

$$\vec{m} = -\frac{e}{2m} \cdot \vec{L}$$

wobei \vec{L} der Bahndrehimpuls des Elektrons ist ($L = r \cdot p$). Erklären Sie anhand dieser Formel mit Hilfe der Quantisierungseigenschaften der Elektronenbewegung, dass das magnetische Dipolmoment nur in Vielfachen des Bohr'schen Magnetons $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m}$ auftritt. (3 Punkte)

- c) Betrachten Sie einen Festkörper, dessen magnetisches Verhalten durch nicht wechselwirkende permanente elektronische Momente μ_B bestimmt wird. Ihre Teilchenzahldichte sei $N = 5,0 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$. Ihre Energie im äußeren Magnetfeld B beträgt je nach ihrer Ausrichtung $E_{\pm} = \pm \mu_B \cdot B$. Der zunehmende Ausrichtungsgrad bei steigendem B -Feld führt zur Magnetisierungskurve $M(B)$.

Skizzieren Sie die Magnetisierungskurve $M(B)$. Geben Sie an, welche Näherung für sehr kleine B -Felder gilt. Bestimmen Sie den Wert der Magnetisierung für sehr hohe B -Felder.

(4 Punkte)

- d) Geben Sie die relativen Besetzungszahlen $\frac{N_+}{N}$ und $\frac{N_-}{N}$ der beiden Orientierungen mit den Energieniveaus E_+ und E_- in Abhängigkeit des B -Feldes und der Temperatur an. Zeigen Sie anhand dieser Besetzung, dass für die Magnetisierung gilt:

$$M(B, T) = N \cdot \mu_B \cdot \tanh\left(\frac{\mu_B \cdot B}{k_B T}\right)$$

(4 Punkte)

Manche Materialien zeigen bei sehr tiefen Temperaturen einen neuen Zustand. Kühlt man sie unter eine bestimmte Temperatur (Sprungtemperatur) ab, so werden sie supraleitend.

- e) Geben Sie mindestens drei Eigenschaften an, die einen supraleitenden Zustand charakterisieren.

(3 Punkte)

- f) Man unterscheidet Supraleiter erster und zweiter Art. Die unten stehenden Diagramme zeigen die Magnetisierung als Funktion der angelegten Feldstärke. Ordnen Sie diese den Supraleitern erster bzw. zweiter Art zu und erläutern Sie anhand der Diagramme den Unterschied zwischen beiden. **(3 Punkte)**

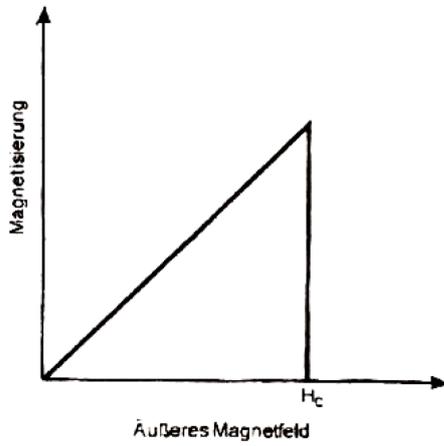


Diagramm A

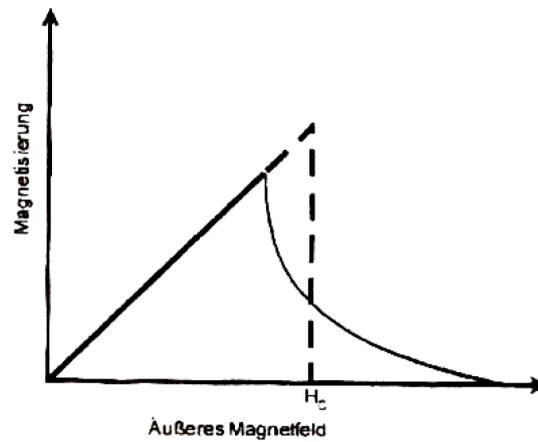


Diagramm B