

13. Übungsblatt zur Vorlesung "Einführung in die Festkörperphysik"

Aufgabe 1

Bei der Behandlung der Bahn-Quantisierung in einem Magnetfeld wurde in der Vorlesung (Kap. 8.2.4 Gesamtenergie) angegeben, dass sämtliche Elektronen (2-dimensionales Modell) im niedrigsten Landau-Niveau Platz finden, wenn für das Magnetfeld gilt:

$$B > \frac{h N}{e L^2}.$$

Zeigen Sie, ausgehend von der Gesamtzahl der Zustände und der Energiebeziehung, dass diese Relation richtig ist.

Aufgabe 2

- a) Berechnen Sie mit Hilfe der Hund'schen Regeln den Landéschen g-Faktor und das effektive magnetische Moment

$$\mu_{\text{eff}} = g \cdot \sqrt{J(J+1)} \cdot \mu_B$$

der 4f-Ionen La³⁺, Pr³⁺ und Tb³⁺.

Für den Landé-Faktor gilt:
$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$$

Die experimentellen Werte sind: $\mu(\text{La}^{3+}) = 0$; $\mu(\text{Pr}^{3+}) = 3.5 \mu_B$; $\mu(\text{Tb}^{3+}) = 9.5 \mu_B$.

- b) Weshalb liefern abgeschlossene Schalen eines Atoms keinen Beitrag zum Langevin-Paramagnetismus einer Substanz?
Welchen Beitrag zur magnetischen Suszeptibilität liefern sie dagegen auf jeden Fall?

Aufgabe 3

Ein magnetischer Dipol $\vec{\mu}$ erzeugt in seiner Umgebung das Magnetfeld

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

Berechnen Sie für die Ferromagnete Eisen und Nickel, welche Feldstärke ein Atom mit dem magnetischen Moment $\mu \cong 1 \mu_B$ am Ort eines Nachbaratoms maximal erzeugen kann.

Welchen Wert hat das Verhältnis der magnetischen Energie zur thermischen Energie bei der Curie-Temperatur $T_C \cong 1000K$? Kann die Kopplung magnetischer Momente in Ferromagneten durch diese klassische Dipol-Dipol Wechselwirkung erklärt werden?

Gitterkonstanten: Fe: 2.866 Å (bcc); Ni: 3.524 Å (fcc).