

Übungsblatt 4

Magnetische Eigenschaften und atomarer Magnetismus

Themen für Kurzvorträge

- a) Larmor-Diamagnetismus (GM: 12.3.3)
- b) Wiederholung: Atome im homogenen Magnetfeld (GM: 12.3.1)

1. Wiederholungs-Aufgaben

- a) Welcher Magnetismus dominiert in Edelgasen?
- b) Welche 3 Arten des kooperativen Magnetismus haben wir kennengelernt?
- c) Welchen Wert haben μ_B und k_B ausgedrückt in $\mu\text{eV}/T$ bzw. $\mu\text{eV}/K$?
- d) Zu welchem magnetischen Feld müssen Sie gehen um eine signifikante Änderung der Besetzung eines einfachen Elektronensystems ($s = 1/2, 1\mu_B$) bei Raumtemperatur zu sehen? Wieviel bei 1 K?
- e) Welche mikroskopischen Mechanismen von Magnetismus haben Sie bis jetzt kennengelernt?
- f) Welcher ist normalerweise der größte? Welcher hat nur Beiträge des Bahndrehmoments?

2. Magnetisierungskurven

- a) Berechnen Sie die Magnetisierungskurve $M(B)$ für ein einfaches Spin-System mit $s = 1/2$ und $1\mu_B$. Berechnen Sie hierfür den Erwartungswert $\langle m_{1/2} \rangle$ (entsprechend $\langle \mu_z \rangle$) gemäß dem Formalismus in der statistischen Physik.
- b) Diskutieren Sie den Verlauf der **spezifischen Wärme** des Systems als Funktion der Größe $k_B T / 2\mu_B B$. Berechnen Sie hierfür zunächst die innere Energie $U = \sum_{i=1}^N p_i E_i$ und leiten Sie diese dann nach der Temperatur ab. Skizzieren Sie diese Funktion. Was fällt auf?
- c) Welche einfache Abhängigkeit erhält man für die spezifische Wärme im Grenzfall für $2\mu_B B \ll k_B T$?

3. Hund'sche Regeln

- a) Wie lauten die Hund'schen Regeln? Welche physikalischen Mechanismen liegen ihnen zu Grunde?
- b) Die Elektronenkonfiguration von Chrom (Cr) ist $[\text{Ar}]3d^54s$. Bei einer ionischen Bindung gibt Chrom zunächst sein Elektron aus der äußeren 4s-Schale ab. Wenn anschließend weitere Elektronen abgegeben werden müssen, um die vorgesehene Valenz zu erreichen, werden diese aus der 3d-Schale entnommen. Bestimmen Sie die Quantenzahlen S, L und J des Cr^{3+} -Ions im Grundzustand. Berechnen Sie anhand der ermittelten Quantenzahlen das magnetische Moment μ in Einheiten von μ_B .
- c) Der experimentell ermittelte Wert des magnetischen Moments des Cr^{3+} -Ions beträgt $\mu = 3,8\mu_B$. Wovon könnte die Abweichung kommen? (kurze Begründung, 1 Satz reicht. Hinweis: Was ist in einem Kristall anders als in einem isolierten sphärischen Potential?)

d) Geben Sie mithilfe der Hund'schen Regeln den elektronischen Grundzustand der folgenden Ionen an:

(1) Pr^{3+}

(2) Eu^{2+} in configuration $[\text{Xe}]4f^7$

(3) Eu^{3+} in configuration $[\text{Xe}]4f^6$

(4) Tb^{3+}