

8. Übung (Abgabe Di. 4. Januar 2011 zu Beginn der Vorlesung oder spätestens bis 16:00 im Briefkasten im Sekretariat bei Frau Badow)

29. Néel-Temperatur

In der Vorlesung wurde bei der Herleitung der Néel-Temperatur in der Molekularfeld-Näherung für den Antiferromagnetismus die ferromagnetische Kopplung innerhalb der Untergitter vernachlässigt. Betrachten Sie nun neben der antiferromagnetischen Kopplung $\lambda_{AB} > 0$ zwischen den beiden magnetischen Untergitter A und B (mit gleicher Curie-Konstante C), auch eine ferromagnetische Kopplung $\lambda > 0$ innerhalb der beiden Untergittern A und B .

Zeigen Sie, dass dann die folgende Beziehung zwischen der Néel-Temperatur T_N und der über eine lineare Extrapolation von $\chi^{-1}(T)$ zu null erlangten Temperatur θ existiert:

$$\frac{\theta}{T_N} = \frac{\lambda_{AB} + \lambda}{\lambda_{AB} - \lambda}, \text{ wobei } T_C \text{ die Curie-Temperatur bedeutet.}$$

Hinweis: Siehe Online-Übungsblatt mit Hinweisen.

(3 Punkte)

30. Ferrimagnetische Ordnung

Zeigen Sie, dass aus drei antiferromagnetischen Austauschwechselwirkungen eine ferrimagnetische Ordnung resultieren kann. Betrachten Sie dazu ein Material mit zwei magnetischen Untergittern A (mit Curie-Konstante C_A) und B (mit Curie-Konstante C_B), wobei sowohl das Untergitter A als auch B für sich antiferromagnetisch koppelt (mit Molekularfeldkonstante λ_A bzw. λ_B) und zudem zwischen den beiden Untergittern A und B eine antiferromagnetische Kopplung (λ_{AB}) existiert.

(a) Zeigen Sie anhand der magnetostatischen potentiellen Energie U_{mag} , dass der Grundzustand eine antiferromagnetische Kopplung zwischen den Untergittern A und B aufweist, falls $\lambda_{AB} M_A M_B > \frac{1}{2} (\lambda_A M_A^2 + \lambda_B M_B^2)$ ist.

(b) Zeigen Sie weiter, dass für $\lambda_{A, B} = 0$ und $\lambda_{AB} > 0$ (entsprechend einer antiferromagnetischen Kopplung) eine ferrimagnetische Ordnung existiert und berechnen Sie die ferrimagnetische Suszeptibilität χ_{ferri} :

$$\chi_{\text{ferri}} = \mu_0 \frac{M_A + M_B}{B_0} = \frac{(C_A + C_B)T - 2\lambda_{AB}C_A C_B}{T^2 - T_C^2}, \text{ wobei } T_C \text{ die Curie-Temperatur bedeutet.}$$

Hinweis: Siehe Online-Übungsblatt mit Hinweisen.

(3 Punkte)

8. Übung (Abgabe Di. 4. Januar 2011 zu Beginn der Vorlesung oder spätestens bis 16:00 im Briefkasten im Sekretariat bei Frau Badow)

Zusatzaufgabe Klausurvorbereitung: Freie Elektronen 1 (0 Punkte)

- (a) Wie ist die Fermi-Energie E_F beim freien Elektronengas definiert? (2 P)
- (b) Welchen Modenabstand Δk haben die quantisierten Zustände k_x, k_y, k_z , des freien Elektronengases für den Fall der periodischen Randbedingung?
- (c) Wie verändert sich die Fermi-Kugel in einem konstanten äußeren elektrischen Feld \vec{E} ?

Zusatzaufgabe Klausurvorbereitung: Freie Elektronen 2 (0 Punkte)

- (a) Skizzieren Sie die Zustandsdichte $D(E)$ des freien Elektronengases bei $T = 0$ und $T > 0$.
- (b) Welche allgemeine (mathematische) Form hat die Bloch-Wellenfunktion der Elektronen im kristallinen Festkörper (Bloch-Theorem)? (2 P)
- (c) Skizzieren Sie im *reduzierten* Zonenschema die Energie $E(k)$ der freien Elektronen in *einer* Dimension unter Berücksichtigung der Periodizität des Kristalls (= leeres Gitter, d.h. das Potential ist null).
- (d) Wie entstehen die Energielücken zwischen den Energiebändern? Geben Sie eine *kurze* Erklärung.