Zusammenfassung vom 13.12.2011

Antiferromagnetismus *kritische Temperatur: Néel-Temperatur* T_N

- $T > T_N$: *paramagnetisch,* $T < T_N$: *antiferromagnetisch*
- *alle magnetischen Momente kompensieren sich lokal exakt*
- *meistens existieren zwei ferromagnetisch geordnete aber entgegengesetzt gerichtete Untergitter*
- *es existiert bei* $T = 0$ K *keine makroskopische Magnetisierung (ohne äußeres Feld)*

Molekularfeldnäherung für Antiferromagnetismus

- *seien* A *und* B *zwei ferromagnetisch ordnende Untergitter mit Magnetisierung* M_A *und* M_B*, wobei* $|M_A| = |M_B|$
- *Betrachte nur Nächste-Nachbar-Wechselwirkung, die antiferromagnetisch sein soll:* $\vec{M}_A = -\vec{M}_B$

λ_{AB} = *Molekularfeld-Konstante*

effektives Molekularfeld

$$\vec{B}_A = \vec{B}_0 - \lambda_{AB}\mu_0\vec{M}_B$$
$$\vec{B}_B = \vec{B}_0 - \lambda_{AB}\mu_0\vec{M}_A$$

$M_{A,B}$ = *Magnetisierung der Untergitter*

C = *Curie-Konstante*

Teilmagnetisierung in der paramagnetischen Phase

$$\vec{M}_{A,B} = \frac{1}{\mu_0}\chi_p\vec{B}_{eff} = \frac{C}{T}\left(\frac{1}{\mu_0}\vec{B}_0 + \lambda\vec{M}_{B,A}\right)$$

Zusammenfassung vom 13.12.2011

lineares Gleichungssystem in der Untermagnetisierung

$$\begin{pmatrix} T & C\lambda_{AB} \\ C\lambda_{AB} & T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_A \\ M_B \end{pmatrix} = \frac{C}{\mu_0} B_0 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

➔ $T_N^2 - C^2 \lambda_{AB}^2 = 0$ *Determinante gleich null für nichttriviale Lösung*

Néel-Temperatur ➔ $T_N = C\lambda_{AB}$

Teilmagnetisierung in der paramagnetischen Phase ➔

$$\vec{M}_A = \vec{M}_B = \frac{1}{\mu_0} \frac{C}{T + T_N} \vec{B}_0$$

antiferromagnetische Suszeptibilität ***(Molekularfeldnäherung)*** ➔

$$\chi_{a.f.} = \mu_0 \frac{M_A + M_B}{B_0} = \frac{2C}{T + T_N}$$

antiferromagnetische Suszeptibilität ***(experimentell)*** ➔

$$\chi_{a.f.} = \frac{2C}{T + \theta} \quad \textit{mit} \quad \frac{\theta}{T_N} \approx 1 - 5$$

θ = *experimentell bestimmte Temperatur des Curie-Gesetzes*

Zusammenfassung vom 13.12.2011

magnetostatische Energie im äußeren Magnetfeld $B_0 \perp M_{A,B}$
(T = 0 K)

$$U_{mag} = -\vec{\mu}\cdot\vec{B}_0 = -V\left(\vec{M}_A + \vec{M}_B\right)\cdot\vec{B}_0 + V\mu_0\lambda_{AB}\vec{M}_A\cdot\vec{M}_B$$

$$\cong -2VMB_0\varphi - V\mu_0\lambda_{AB}M^2\left[1-\frac{1}{2}(2\varphi)^2\right] \qquad \varphi << 1$$

φ = *Winkel zwischen* $M_{A,B}$ $(B_0 = 0)$ *und* $M_{A,B}$ $(B_0 \neq 0)$

V = *Volumen*

$M = |M_A| = |M_B|$ = *Magnetisierung der Untergitter*

$$\frac{dU_{mag}}{d\varphi} = 0 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{min} = \frac{B_0}{2\mu_0\lambda_{AB}M}$$

Winkel φ_{min} entspricht der minimalen Energie im Magnetfeld $B_0 \perp M_{A,B}$

Anisotropie in $\chi_{a.f.}$
(T = 0 K)

$$\Rightarrow \quad \chi_\perp^{a.f.} = \mu_0\frac{M_\perp(\varphi_{min})}{B_0} = \mu_0\frac{M_{A,\perp}(\varphi_{min}) + M_{B,\perp}(\varphi_{min})}{B_0} = \frac{1}{\lambda_{AB}}$$

$M_{A,\perp}$ = *Komponente von M_A parallel zu $B_0 \perp M_{A,B}$*

$$\chi_{||}^{a.f.} = 0$$

für $B_0 \,||\, M_{A,B}$ kann die antiferromagnetische Kopplung nicht aufgebrochen werden

Zusammenfassung vom 13.12.2011

Ferrimagnetismus *kritische Temperatur: Curie-Temperatur* T_C

- $T > T_C$: *paramagnetisch*, $T < T_C$: *ferrimagnetisch*
- *es gibt verschieden große magnetische Komponenten, die entgegengesetzt gerichtet sind, sich aber nicht vollständig kompensieren*
- *Ferrimagnetismus kann entstehen, wenn drei konkurrierende antiferro-magnetische Kopplungen vorhanden sind (Bsp. Ferrite mit Spinell-Struktur*
- *es existiert spontane makroskopische Magnetisierung (auch ohne äußeres Feld)*
- *es existiert Kompensationspunkt, d.h. eine Temperatur* $T_{komp} < T_C$, *bei der sich der Ferrimagnet wie ein Antiferromagnet verhält, also sehr stabil gegenüber äußeren Magnetfeldern ist*
- *bei der Kompensationsemperatur* T_{komp} *, ist die Gesamtmagnetisierung null*
- *Ursache für das Auftreten eines Kompensationspunktes ist eine unterschiedliche Temperaturabhängigkeit der Untermagnetisierungen*