

Zusammenfassung vom 12.06.2014

VII Materie im Magnetfeld

relative Permeabilität μ : $\vec{B} = \mu \vec{B}_0$ $\vec{B}_0 = \text{äußeres Magnetfeld}$
(d. h. ohne Materie)

Magnetisierung: $\vec{M} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^N \vec{\mu}_i$ $[\vec{M}] = 1 \text{ Am}^{-1}$

Magnetfeld in Materie: $\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M} = \mu \vec{B}_0$

magnetische Suszeptibilität χ_m : $\vec{M} = \frac{1}{\mu_0} \chi_m \vec{B}_0$ $\chi_m = \text{magn. Suszeptibilität}$
(Antwortfunktion)

→ $\chi_m = \mu - 1$

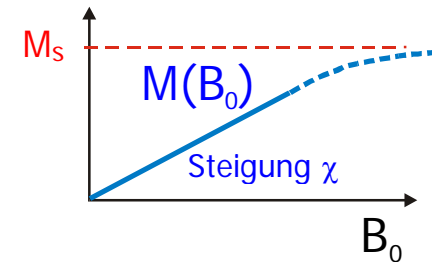
Klassifizierung der Materie in Bezug auf Magnetismus :

$\vec{B} < \vec{B}_0 \Rightarrow \mu < 1 \Rightarrow \chi_m < 0$ **Diamagnetismus** (z.B. Graphit, Wismut)

$\vec{B} > \vec{B}_0 \Rightarrow \mu > 1 \Rightarrow \chi_m > 0$ **Paramagnetismus** (z.B. Aluminium)

$\vec{B} \gg \vec{B}_0 \Rightarrow \mu \gg 1 \Rightarrow \chi_m \gg 0$ **magnetisch ordnend** (z.B. Fe, Co, Ni)

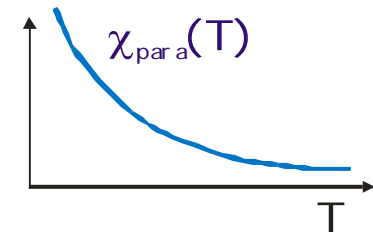
Paramagnetismus: $\chi_{\text{para}} > 0$ $\chi_{\text{para}} \begin{cases} \neq f(B_0), \text{ falls } B_0 \text{ klein} \\ = f(T) \end{cases}$
 (Al, Ti, Pt, O₂, FeCl₂)



→ *verstärkt äußeres Magnetfeld*

→ *paramagn. Materie wird zum Gebiet großer Feldstärke hingezogen*

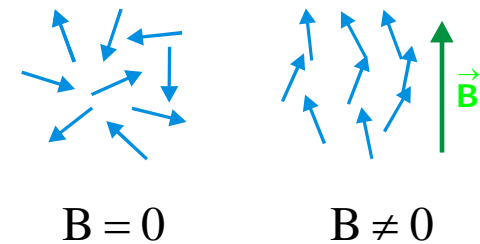
Curie-Gesetz: $\chi_{\text{para}} = \frac{C}{T}$ **C = Curie-Konstante**



Modell: *Elementarmagnete (unkompensierte Bahn- oder Spinnmomente) sind aufgrund der Temperaturbewegung ungeordnet*

→ *äußeres Magnetfeld richtet sie aus*

→ *Sättigung bei größtmöglicher Ausrichtung (im extrem großen B-Feld)*

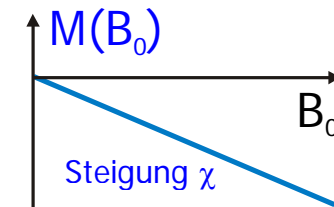


Diamagnetismus: $\chi_{\text{dia}} < 0$ $\chi_{\text{dia}} \neq f(B_0, T)$

(Bi, Au, Ag, Cu, C, N₂, CO₂)

→ **schwächt** äußeres Magnetfeld

→ **diamagn. Materie** wird zum Gebiet **kleiner** Feldstärke hingezogen



alle Materialien zeigen Diamagnetismus, aber er wird meist überdeckt vom Para- oder Ferromagnetismus

Ursache: induzierte elektronische Kreisströme im Magnetfeld

→ gemäß Lenz'scher Regel so gerichtet, dass äußeres Magnetfeld geschwächt wird.

Ferromagnetismus: $\chi_{\text{ferro}} \gg 0$ $\chi_{\text{ferro}} = f(B_0, T)$

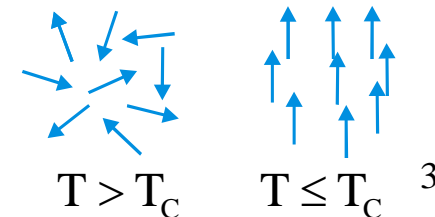
→ tritt auf unterhalb kritischer Temperatur $T_C = \text{Curie-Temperatur (Ordnungstemperatur)}$

Bsp: Fe (1043 K), Co (1388 K), Ni (627 K)

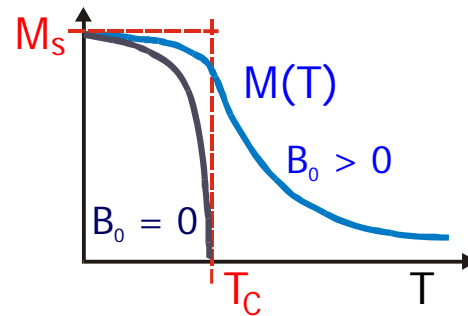
Curie-Weiss-Gesetz: für $T > T_C$: paramagnetisch: $\chi_{\text{ferro}} = \frac{C}{T - T_C}$ $C = \text{Curie-Konstante}$

→ ferromagnetische Ordnung für $T < T_C$ auch bei $B_0 = 0$

→ **spontane Magnetisierung** aufgrund einer quantenmechanischen Austausch-Wechselwirkung



Magnetisierungskurve:
(Temperaturabhängigkeit)



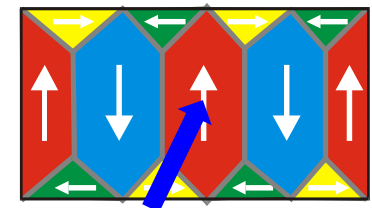
M_s = Sättigungsmagnetisierung

Weiss'scher Bezirk (= magn. Domäne): *Bereich einheitlicher Magnetisierung*

Domänenwand

Übergangsbereich zwischen zwei Domänen; energetisch ungünstig, da das Aufbrechen der Austausch-Kopplung Energie kostet

*durch Bildung von Domänen wird **Streifeld-Energie** (= Magnetfeld außen) auf Kosten der **Domänenwand-Energie** verkleinert*



magnetische Domäne