

Zusammenfassung vom 07.06.2010

VII Materie im Magnetfeld

Bahndrehimpuls \vec{L} : *Drehimpuls durch Bewegung der Elektronen um den Atomkern*
 → erzeugt permanentes magnetisches Bahnmoment μ_l (= **Kreisstrom**)

magn. Bahnmoment: $\vec{\mu}_L = -\mu_B \vec{L}$ $\mu_B = 9.274 \cdot 10^{-24} \text{ Am}^{-1}$ *Bohr'sches Magneton*

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} \quad \mathbf{h} = 2\pi\hbar = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad \textit{Planck'sches Wirkungsquantum}$$

$$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \quad \textit{Elektronenmasse}$$

Elektronen-Spin \vec{S} : *quantenmechanischer Drehimpuls der Elektronen (= **Eigendrehimpuls**)*
 → erzeugt zusätzliches permanentes magnetisches Spin-Moment μ_s

magn. Spin-Moment: $\vec{\mu}_S = -g_0 \mu_B \vec{S}$ $g_0 \cong 2$ (*elektronischer g-Faktor*)

Gesamtdrehimpuls \vec{J} : *der Gesamtdrehimpuls ist eine quantenmechanische Größe*
 → verantwortlich für das gesamte magnetische Moment μ_J

$$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$$

gesamtes magn. Moment: $\vec{\mu}_J = \vec{\mu}_L + \vec{\mu}_S$

relative Permeabilität μ_r : $\vec{B} = \mu_r \vec{B}_0 = \mu_r \mu_0 \vec{H}$ **B_0 = äußeres Magnetfeld (d. h. ohne Materie)**

Magnetisierung: $\vec{M} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^N \vec{\mu}_i$ $[\vec{M}] = 1 \text{ Am}^{-1}$ **H = magnetische Feldstärke (veraltet)**

Magnetfeld in Materie: $\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) = \mu_r \vec{B}_0$

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

→ $\chi_m = \mu_r - 1$

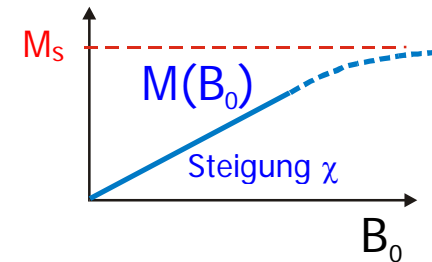
Klassifizierung der Materie in Bezug auf Magnetismus :

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

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

$\vec{B} \gg \vec{B}_0 \Rightarrow \mu_r \gg 1 \Rightarrow \chi_m \gg 0$ **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)

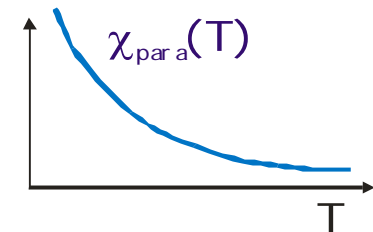


→ **verstärkt** äußeres Magnetfeld

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

Curie-Gesetz:

$$\chi_{\text{para}} = \frac{C}{T} \quad C = \text{Curie-Konstante}$$



$$C = \mu_0 \frac{n p_{\text{eff}}^2 \mu_B^2}{3k_B}$$

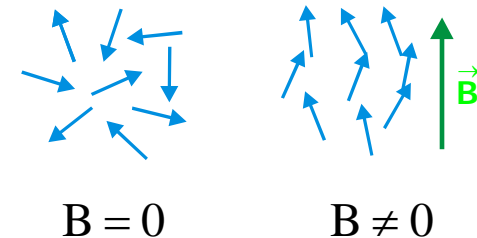
n = Dichte der magnetischen Momente

p_{eff} = effektive Anzahl Bohr'sche Magnetonen

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

→ äußeres Magnetfeld richtet sie aus

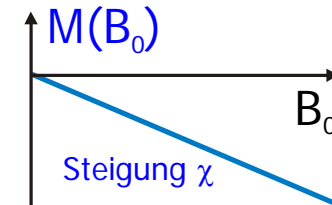
→ Sättigung bei größtmöglicher Ausrichtung (im extrem großen B-Feld)



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.*

Verständnisfragen: *Im Atom liefern die Elektronen zwei Beiträge zum magnetischen Moment: Bahn- μ_L und Spin-Moment μ_S . μ_L ist proportional zum Bahndrehimpuls und μ_S zum Eigendrehimpuls, d.h. beide Momente stehen (anti)parallel zu den entsprechenden Impulsen. Die Summe der beiden ergibt das totale magn. Moment μ_J , das mit dem Gesamtdrehimpuls J verknüpft ist. Stehen J und μ_J auch antiparallel?*