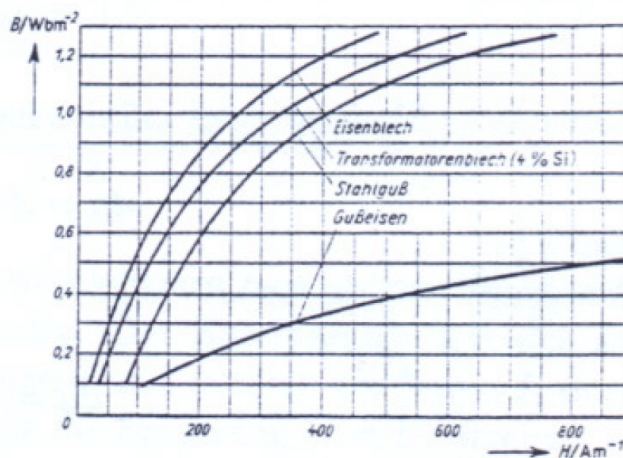
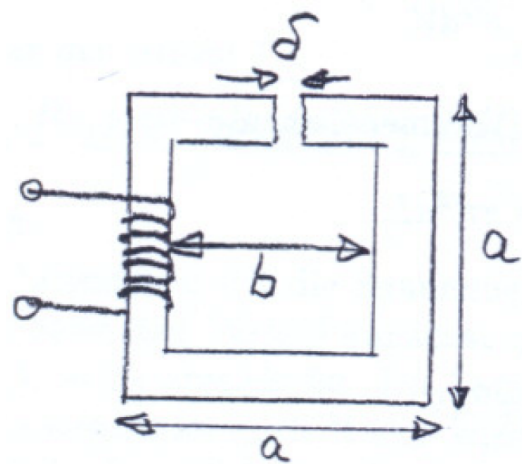


Experimentalphysik II (SS 10)

Hausaufgaben 9

33. Magnetfeld im Luftspalt

Auf einen quadratischen Kern aus Stahlguss mit Längen $a = 30\text{ cm}$ und $b = 20\text{ cm}$ ist eine Spule mit $N = 300$ Windungen aufgewickelt. Im Kern befindet sich ein Luftspalt von $\delta = 1\text{ cm}$ Dicke (siehe Abbildung unten links). Welcher Strom I muss durch die Spule fließen, damit im Luftspalt ein Magnetfeld von 1 T herrscht? Hinweis: Die Magnetisierungskurven einiger Materialien sind in der Abbildung unten rechts gegeben.



(4 Punkte)

Bitte wenden.

34. *Klassische Dipol-Dipol-Wechselwirkung*

Ein magnetischer Dipol $\vec{\mu}$, der sich im Ursprung des Koordinatensystems befindet, erzeugt in seiner Umgebung das Magnetfeld

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3(\vec{\mu} \cdot \vec{r}) \cdot \vec{r} - r^2 \vec{\mu}}{r^5}.$$

a) Berechnen Sie klassisch für das ferromagnetische Material Eisen die Stärke des Magnetfeldes, welches ein Elektron mit dem magnetischen Moment $\mu \approx \mu_B$ am Ort eines Elektrons des Nachbaratoms maximal erzeugen kann. Nehmen Sie an, dass die beiden Elektronen im Mittel den Nächsten-Nachbar-Abstand zweier Fe-Atome im Kristall haben, also $a_{nn} = 2,5$ Ångström.

b) Vergleichen Sie die maximale Energie der klassischen magnetischen Dipol-Dipol-Wechselwirkung mit der thermischen Energie $k_B T$, welche die Dipole bei der Curie-Temperatur $T_C \approx 1000$ K besitzen. Halten Sie es auf Grund dieses Vergleichs für möglich, dass die Kopplung magnetischer Momente in Ferromagneten durch eine klassische Dipol-Dipol-Wechselwirkung verursacht wird?

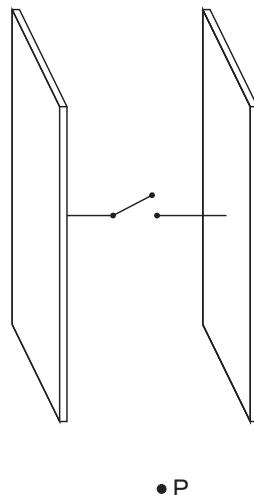
c) Wie stark müsste das Feld am Ort eines Dipols sein, damit die magnetische Energie mit der thermischen Energie bei T_C in Konkurrenz treten könnte?

d) Nehmen Sie nun an, die klassische Dipol-Dipol-Wechselwirkung sein im Prinzip stark genug, um die magnetischen Momente der Elektronen (Spins) auch bei höheren Temperaturen noch zu koppeln. Welches geometrische Argument spricht dann noch gegen die Dipol-Dipol-Wechselwirkung als Ursache des Ferromagnetismus?

(6 Punkte)

35. *Kondensatorentladung*

Ein Kondensator wird entladen, in dem man ihn von der Spannungsquelle trennt und die beiden Platten innen mit einem Draht verbindet (siehe Skizze). Kann man jetzt (während Strom durch den Draht fließt) ein Magnetfeld am Punkt P messen? Stichwort: Verschiebungsstrom.



(4 Punkte)

Bitte umblättern.

36. Maxwell-Gleichungen

Ein räumlich und zeitlich veränderliches elektromagnetisches Feld im Vakuum ist durch folgende Gleichungen gegeben:

$$\begin{aligned}\vec{E}(\vec{r}, t) &= \vec{E}_0 \sin(\vec{k}\vec{r} - \omega t) \\ \vec{B}(\vec{r}, t) &= \vec{B}_0 \sin(\vec{k}\vec{r} - \omega t).\end{aligned}$$

(Bemerkung: Diese Gleichungen beschreiben ebene elektromagnetische Wellen mit Wellenvektor $\vec{k}$ und Frequenz ω .)

Die obigen Gleichung müssen natürlich die Maxwell-Gleichungen des Vakuums erfüllen. Sie tun dies genau dann, wenn folgende Beziehungen zwischen den Größen gelten:

$$\begin{aligned}\omega &= c|\vec{k}| \\ \vec{B}_0 &= \frac{1}{c} \frac{\vec{k}}{|\vec{k}_0|} \times \vec{E}_0 \\ \vec{k}\vec{E}_0 &= 0.\end{aligned}$$

Zeigen Sie jetzt explizit die Gültigkeit der folgenden Maxwell-Gleichungen:

a) $\text{div}\vec{E} = 0$.

Hinweis: Für eine skalare Größe U und ein Vektorfeld $\vec{v}$ gilt $\text{div}(U\vec{v}) = U \text{div}\vec{v} + \vec{v} \text{grad}U$.

b) $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\vec{B}$.

Hinweise: Berechnen Sie $\text{rot}\vec{E}$ unter Verwendung von $\text{rot}(U\vec{v}) = U\text{rot}\vec{v} + (\text{grad}U) \times \vec{v}$.

Nutzen Sie in dieser Rechnung die als Nebenbedingung angegebene Beziehung zwischen $\vec{E}_0$ und $\vec{B}_0$ aus. Berechnen Sie dann $-\frac{\partial}{\partial t}\vec{B}$ und vergleichen Sie die Ergebnisse.

(6 Punkte)

Abgabe der Übungszettel am 23. Juni vor der Vorlesung, Besprechung der Lösungen am 28. Juni in den Übungsgruppen.