

9. Übung (Abgabe Mo. 21. Juni bis 16:00 Uhr im Sekretariat Frau Badow, Raum 1.2.31)

33. Magnetische Ordnung

(4 Punkte)

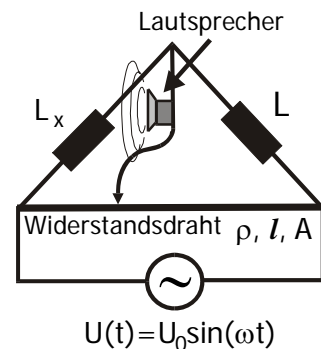
Wenn die magnetische Ordnung in Ferromagneten durch die magnetische Wechselwirkungsenergie der Dipolmomente der Atome zustande käme, dann würde die Ordnungstemperatur  $T_C$  grob dadurch gegeben sein, dass die thermische Energie  $kT_C$  gleich der magnetischen Wechselwirkungsenergie ist. Betrachten Sie dazu die potentielle Energie  $E_{pot}$  zweier magn. Momente  $\mu_m$  von der Größe eines Bohr-Magneton, die entlang ihrer Achse im Abstand von  $1 \text{ \AA}$  parallel ausgerichtet sind, und berechnen Sie damit  $T_C$ . Vergleichen Sie mit der Curie-Temperatur von Eisen! Betrachten Sie den magnetischen Dipol als magnetisches Moment eines Kreisstromes mit entsprechender Stärke.

*Hinweis:*  $E_{pot}$  erhalten Sie, indem Sie ein magn. Moment  $\mu_m$  im Magnetfeld  $B(z)$  des anderen betrachten.  $B(z)$  entlang der Achse eines magn. Dipols  $\mu_m$  können Sie aus dem Magnetfeld auf der Achse einer Kreisschleife für Abstand  $z \gg$  Radius  $R$  herleiten, indem Sie die Definition des magnetischen Moments eines Kreisstromes benutzen.

34. Wheatstone'sche Brückenschaltung

(4 Punkte)

Mit der in der Abbildung gezeigten Schaltung lässt sich eine unbekannte Induktivität  $L_x$  sehr genau bestimmen, wenn die Induktivität  $L$  bekannt ist. Dazu wird die Schaltung mit einer Wechselspannung betrieben, deren Frequenz  $\omega$  im Hörbereich ist. Auf dem Widerstandsdraht (Länge  $l$ , Querschnitt  $A$  und spez. Widerstand  $\rho$ ) wird ein Kontakt (Pfeil) so lange verschoben, bis im Lautsprecher kein Ton mehr zu hören ist. Aus der Position des Kontakts auf dem Draht kann nun  $L_x$  berechnet werden. Bestimmen Sie die Abhängigkeit von  $L_x$  von der Position auf dem Widerstandsdraht.



35. Magnetisches Bahnmoment eines Elektrons

(4 Punkte)

Ein Elektron mit der Masse  $m_e$  und der Ladung  $-e$  läuft auf einer Kreisbahn mit Radius  $r$  um einen Kern herum. Dann wird ein homogenes Magnetfeld  $\vec{B}$  senkrecht zur Umlaufebene des Elektrons eingeschaltet. Nehmen Sie an, dass sich der Radius der Elektronenbahn nicht ändert und dass die Änderung der Geschwindigkeit des Elektrons aufgrund des Feldes klein ist, und leiten Sie einen Ausdruck für die Änderung des magnetischen Bahnmoments des Elektrons aufgrund des äußeren Magnetfeldes her.

*Hinweis:* Benutzen Sie entweder die Integralform des Faraday-Gesetzes, wobei Sie annehmen, dass das elektrische Feld aufgrund der Symmetrie tangential zur Kreisbahn wirkt und konstant ist, oder überlegen Sie sich, dass die Zentripetalkraft aufgrund der Lorentz-Kraft erhöht wird, was das Elektron durch eine Geschwindigkeitsänderung kompensieren muss, wenn der Bahnradius gleich bleiben soll.

**36. Magnetischer Druck einer langen Spule****(4 Punkte)**

Gegeben sei eine lange Spule (Länge  $l$  mit  $N$  Windungen), in der der Strom  $I$  fließt. Zeigen Sie, dass die Energiedichte des magnetischen Feldes  $w_m = B^2/2\mu_0$  als Druck  $p$  interpretiert werden kann. In den Labors des Fachbereichs gibt es supraleitende Magnete mit Feldern von 14 Tesla. Berechnen Sie den zugehörigen Druck. Vergleichen Sie mit dem Atmosphärendruck. Welche Längenänderung würde der Druck bei einem Eisenstab von 1 m Länge hervorrufen (Elastizitätsmodul  $E_{Fe} = 21800 \text{ kp/mm}^2$ )?

*Hinweis: Um den Druck zu berechnen, überlegen Sie sich, welche Kraft  $dF$  aufgewendet werden muss, um die Spule bei konstantem Strom  $I$  um eine Strecke  $dx$  zu verlängern. Dazu benutzen Sie einen allgemein gültigen Zusammenhang zwischen Kraft und Energie. Aus der Kraft lässt sich dann der Druck ableiten.*