

Übungsaufgaben zur Vorlesung „Höhere Experimentalphysik“

WS 11/12, Blatt 12, 02.02.2012

1. Induktion

Im Rahmen der BCS-Theorie ist der Gleichstromwiderstand bei der Supraleitung exakt null. Im Experiment lässt sich nur eine obere Grenze angeben. Die beste Methode ist die Messung der Abnahme des magnetischen Flusses durch einen kreisförmigen Leiter. Zunächst durchdringt ein Magnetfeld den Leiter. Nach dem Abkühlen und dem Eintritt der Supraleitung wird das Magnetfeld ausgeschaltet. Dadurch wird ein Kreisstrom in dem Leiter induziert, der wiederum ein Magnetfeld erzeugt. Die Abnahme des Magnetfeldes ist ein Maß für den Widerstand, wobei für den Strom gilt:

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$$

und L der Selbstinduktionskoeffizient ist. Betrachten Sie einen kreisförmigen Leiter mit $R=5$ cm und einer Drahtdicke von 1 mm. Um welchen Faktor muss der Widerstand im Vergleich zu einem Kupferring gesunken sein, wenn der Strom innerhalb einer Stunde um 1% abnimmt?

2. Supraleitende Spule

Betrachten Sie bitte eine lange supraleitende Spule (Länge 30 cm, 10000 Windungen, Durchmesser 10 cm), die sich in flüssigem Helium bei 4,2 K befindet. Um das spezifische Magnetfeld zu erreichen, muß ein Strom von 100 A durch die Spule fließen. Nehmen Sie bitte an, dass der Draht einen Normalwiderstand von $0,1 \Omega/\text{m}$ hat.

- Schätzen Sie bitte die Induktivität der Spule und die spezifische Flußdichte ab.
- Wie lange dauert es, die Spule bis zu diesem Feld mit einer 1 V Spannungsquelle aufzuladen?
- Nach dem Aufladen auf 100 A wird die Spule in den “persistent-mode“ geschaltet und die externe Stromversorgung entfernt. Wie viel Energie ist in dem Magneten gespeichert?
- Wie schnell würde sich die Spule entladen, falls der Supraleiter plötzlich normalleitend wird. Wie viel He würde hierbei verdampfen (2.6 kJ/Liter latente Wärme)? Wie viel He-Gas entsteht hierbei?