

9.9.1 Schwebender Magnet über Supraleiter – Meissner-Effekt

1 Motivation

Unterhalb der Sprungtemperatur schwebt ein Permanentmagnet über einem Hochtemperatur-Supraleiter.

2 Experiment

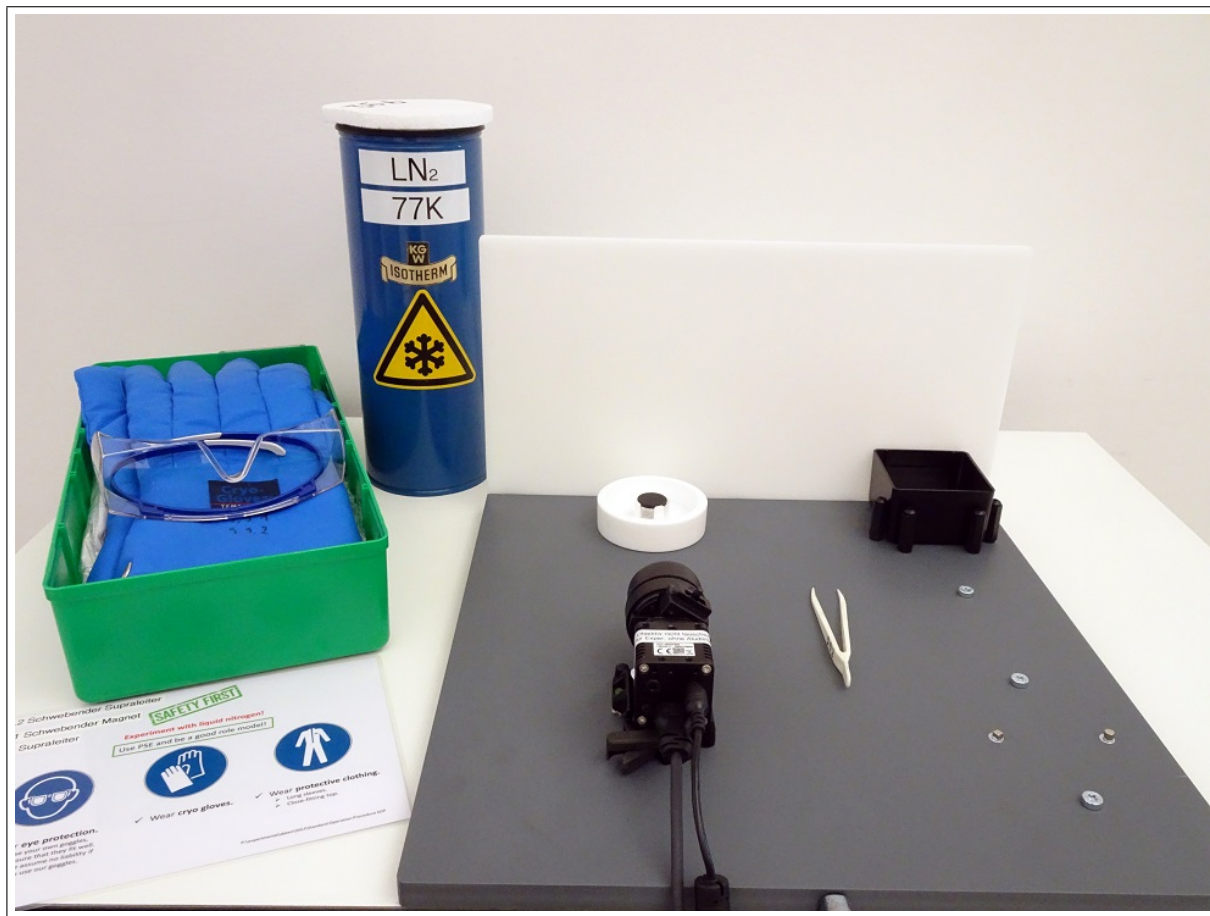


Abbildung 1: Versuchsaufbau „Schwebender Magnet über Supraleiter – Meissner-Effekt“

Abb. 1 zeigt den Versuchsaufbau. Ein Hochtemperatur-Supraleiter wird mit flüssigem Stickstoff abgekühlt und damit supraleitend. Anschliessend positioniert man einen zylinder- oder würfelförmigen Permanentmagneten oberhalb des Supraleiters. Da das Magnetfeld nicht in den Supraleiter eindringen kann, wird das Magnetfeld verformt und der Magnet schwebt oberhalb des Supraleiters (siehe Abb. 2) solange, bis der Supraleiter durch Erwärmung wieder normalleitend wird. Man kann den Magneten in Rotation versetzen, so dass er freischwebend in der Luft rotiert, bis die Temperatur des Supraleiters die Sprungtemperatur T_C überschreitet.

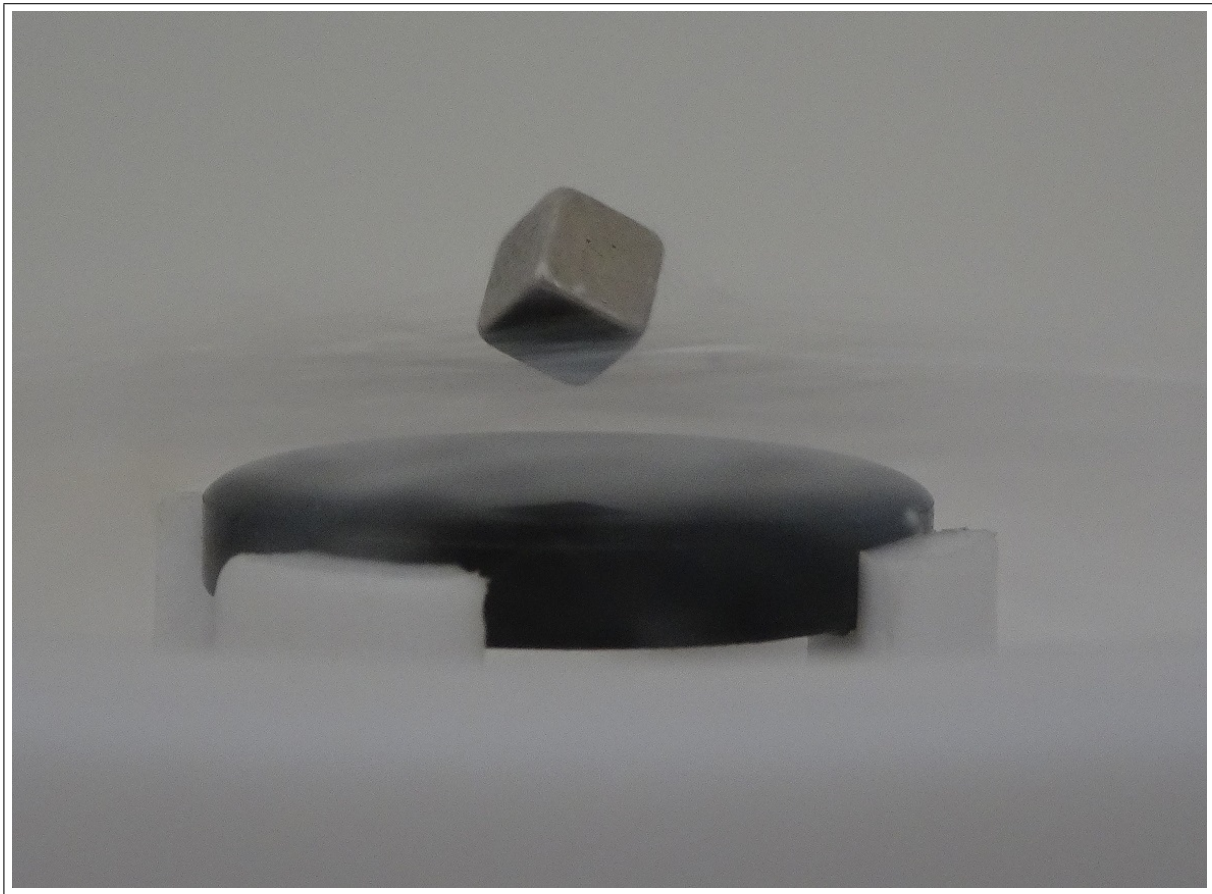


Abbildung 2: Schwebender Magnet

3 Theorie

3.1 Supraleiter

Supraleiter sind Materialien, deren spezifischer elektrischer Widerstand ρ beim Unterschreiten der Sprungtemperatur T_C auf Null abfällt. Einmal erzeugte Ströme fließen jahrelang ohne Abschwächung. Da

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{j} \quad (1)$$

gilt, verschwindet das elektrische Feld $\mathbf{E}$ im Supraleiter. Der Strom im Supraleiter wird meist induktiv erzeugt: Man schaltet ein Magnetfeld ab, in dem sich der Supraleiter befand.

3.2 Meissner-Ochsenfeld-Effekt

Der Supraleiter ist nicht nur ein idealer Leiter, sondern auch ein idealer Diamagnet. Er verdrängt den magnetischen Fluss, so dass in seinem Inneren die magnetische Induktion $\mathbf{B}_i = 0$ herrscht. Es gilt demnach im Supraleiter

$$\mathbf{B}_i = \mathbf{B}_a + \mu_0 \mathbf{M} = 0 \quad (2)$$

Dabei bedeuten $\mathbf{B}_a$ das äussere Magnetfeld und $\mathbf{M}$ die Magnetisierung des Supraleiters

$$\mathbf{M} = -\frac{\mathbf{B}_a}{\mu_0}, \quad (3)$$

das das Feld im Inneren aufhebt und ausserhalb verformt.

Das Besondere am Meissner-Ochsenfeld-Effekt ist, dass man denselben Zustand erreichen kann, indem man zuerst abkühlt und dann das Feld einschaltet oder umgekehrt bei konstantem Feld abkühlt. Bei einem idealen Leiter dagegen würde im letzteren Fall das Feld bestehen bleiben.