

Zusammenfassung vom 07.01.2011

London-Gleichungen
(phänomenologischer Ansatz)

Drude-Theorie unter Berücksichtigung, dass der spezifische Widerstand $\rho_s = 0$ ist:

$$m \dot{\vec{v}} + \frac{m}{\tau} \vec{v} = -e \vec{E}$$

$$\rho = \frac{m}{n e^2 \tau} \propto \frac{m}{\tau} \rightarrow \rho_s = 0 \Rightarrow \frac{m}{\tau} = 0$$

Reibungsterm (=Stoßterm) $m\mathbf{v}/\tau$ wird vernachlässigt

$$\rightarrow m \dot{\vec{v}}_s = -e \vec{E}$$

1. London-Gleichung

aus $\vec{j}_s = -e n_s \vec{v}_s \rightarrow$

$$\frac{d\vec{j}_s}{dt} = \frac{n_s e^2}{m} \vec{E}$$

$n_s, v_s, j_s =$ Dichte, Geschwindigkeit und Stromdichte der supraleit. Elektr.

aus $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \rightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{m}{n_s e^2} \vec{\nabla} \times \vec{j}_s + \vec{B} \right) = 0 \rightarrow \frac{m}{n_s e^2} \vec{\nabla} \times \vec{j}_s + \vec{B} = 0$

2. London-Gleichung

$$\rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{j}_s = -\frac{n_s e^2}{m} \vec{B}$$

(d.h. Integrationskonst. = 0, um Meissner-Ochsenfeld-Effekt zu berücksichtigen)

mit $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}_s \rightarrow \Delta \vec{B} - \frac{\mu_0}{\lambda_L} \vec{B} = 0, \Delta \vec{j}_s - \frac{\mu_0}{\lambda_L} \vec{j}_s = 0 \quad \lambda_L = \frac{m}{n_s e^2}$

Bsp. supraleitende Halbebene ($z > 0$)

$$\frac{d^2 B_x}{dz^2} - \frac{\mu_0}{\lambda_L} B_x = 0, \vec{B} = \begin{cases} (B_0, 0, 0), z < 0 \\ (B_x(z), 0, 0), z \geq 0 \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} B_x &= B_0 e^{-\frac{z}{\lambda_L}} \\ j_{sy} &= j_{s0} e^{-\frac{z}{\lambda_L}} \end{aligned}$$

London-Eindringtiefe

$$\lambda_L = \sqrt{\frac{\lambda_L}{\mu_0}} = \sqrt{\frac{m}{\mu_0 n_s e^2}}$$

Magnetfeld dringt exponentiell in das Material ein mit Eindringtiefe λ_L .

attraktive Wechselwirkung *Elektron-Phonon-Wechselwirkung*

- *Elektron bewirkt lokale Anziehung der positive geladenen Ionenrümpfe*
- *Elektron hinterlässt Deformation der Netzebenen*
- *Anhäufung positiver Ladung*
- *wirkt anziehend auf ein zweites Elektron*
- *wegen der hohen Geschwindigkeit der Elektronen (Fermi-Geschwindigkeit) können die Netzebenen nicht folgen (Antwortfrequenz = Debye-Frequenz)*
- *Maximum der Gitterdeformation bildet sich weit hinter dem Elektron: $l = v_F T_D = v_F \frac{2\pi}{\omega_D} \approx 1000 \text{ \AA}$*
- *Coulomb-Abstoßung spielt keine Rolle mehr wegen Abschirmung durch andere Ladungen*
- *quantenmechanisch betrachtet, handelt es sich bei der Wechselwirkung um eine Überlagerung von virtuellen Phononen, die vom Elektron durch die Wechselwirkung mit dem Gitter ständig absorbiert und emittiert werden im Rahmen der Heisenberg'schen Unschärferelation*
- *führt zu einer attraktiven Wechselwirkung: Cooper-Paare*