

Zusammenfassung vom 13.01.2012

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 ($z > 0$)

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

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***