INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr. W. Brenig
Dipl.-Ing. Ch. Jurecka

THEORETISCHE FESTKÖRPERPHYSIK SS 1999

6. Übungsblatt

---

13. Leitfähigkeit unter zeitlich und räumlich variierendem Feld[1]

Ein Festkörper wird einem zeitlich und räumlich variierendem Feld

$$\mathbf{E}(\mathbf{r},t) = Re\left[\mathbf{E}(\mathbf{q},\omega)e^{i(\mathbf{qr}-wt)}\right] \tag{1}$$

ausgesetzt. Solch ein Feld wird i. a. eine räumlich veränderliche Ladungsdichte

$$\rho(\mathbf{r},t) = -e\delta n(\mathbf{r},t) \qquad \delta n(\mathbf{r},t) = Re\left[\delta n(\mathbf{q},\omega)e^{i(\mathbf{qr}-wt)}\right] \tag{2}$$

induzieren. Diese unterschiedliche Ladungsträgerzahl in Abhängkgkeit vom Ort führt zu einem selbst bei konstanter Temperatur lokal unterschiedlichen chemischen Potential

$$\mu(\mathbf{r},t) = \mu + \delta\mu(\mathbf{r},t) \qquad \delta\mu(\mathbf{r},t) = Re\left[\delta\mu(\mathbf{q},\omega)e^{i(\mathbf{qr}-wt)}\right], \tag{3}$$

wobei $\delta\mu$ die Bedingung $\delta n(\mathbf{q},\omega) = \frac{\partial n_{eq}(\mu)}{\partial\mu}\delta\mu(\mathbf{q},\omega)$ erfüllen soll.

(a) Stellen Sie die Boltzmanngleichung allgemein für zeit- und ortsabhängiges chemisches Potential auf. Verwenden Sie die Relaxationszeitnäherung für den Stoßterm und ersetzen Sie f durch f_0 im Term linear im Feld $\mathbf{E}$.

(b) Auch für die Zeitableitung von μ sollten Sie einen Relaxationszeitansatz machen, da die Änderung des chemischen Potentials auf einer den Stößen ähnlichen Zeitskala stattfindet.

(c) Setzen Sie nun die oben angenommen Zeit- und Ortsabhängigkeit ein. Zeigen Sie, daß dann gilt:

$$\delta f(\mathbf{q},\omega) = \left(-\frac{\partial f_0}{\partial\epsilon}\right)\frac{\frac{\delta\mu}{\tau} - e\mathbf{v}(\mathbf{k})\mathbf{E}(\mathbf{q},\omega)}{\frac{1}{\tau} - i\omega + i\mathbf{qv}(\mathbf{k})}. \tag{4}$$

(d) Nun soll weiterhin angenommen werden, daß keine Ladungsdichte induziert wird. Zeigen Sie, daß dann gilt:

$$\mathbf{j}(\mathbf{r},t) = Re\left[\sigma(\mathbf{q},\omega)\mathbf{E}(\mathbf{q},\omega)e^{i(\mathbf{qr}-\omega t)}\right]. \tag{5}$$

$$\sigma(\mathbf{q},\omega) = e^2\int\frac{d\mathbf{k}}{4\pi^3}\left(-\frac{\partial f_0}{\partial\epsilon}\right)\frac{\mathbf{v}\cdot\mathbf{v}}{\frac{1}{\tau} - i\omega + i\mathbf{qv}(\mathbf{k})} \tag{6}$$

(e) Zeigen Sie, daß (6) im geeigneten Grenzfall in die aus der Vorlesung bekannte Gleichstromleitfähigkeit übergeht.

---

[1] In dieser Aufgabe gilt $A\cdot B = A_iB_j$.